

**İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL  
METODUNUN ZİNCİR ÜRETİMİNDE UYGULANMASI**

**Ersin SELALMAZ**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimler Enstitüsü  
Makine Eğitimi Anabilim Dalında  
Bilim Uzmanlığı Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

**Eylül 2008**

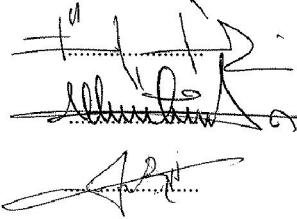
**KABUL:**

Ersin SELALMAZ tarafından hazırlanan "İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL METODUNUN ZİNCİR ÜRETİMİNDE UYGULANMASI" başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında Bilim Uzmanlığı Tezi olarak oybirliği (veya oyçokluğuyla) kabul edilmiştir. 10/09/2008

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Ercüment N. DİZDAR (KBÜ)


Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU (KBÜ)



**ONAY:**

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. 10./10./2008

  
Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Ersin SELALMAZ



## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL (İSK) METODUNUN ZİNCİR ÜRETİMİNDE UYGULANMASI**

**Ersin SELALMAZ**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Makine Eğitimi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ**

**Eylül 2008, 146 sayfa**

Bu çalışmada, zincir üretimi yapan bir işletmede İstatistiksel Süreç Kontrol (İSK) metotlarının uygulaması yapılmıştır. İSK metodundan Histogram, Kontrol Grafikleri, Sebep - Sonuç Grafiği, Süreç Yeterlilik Analizi ve Makine Yeterlilik Analizi Ø10 mm SAE 1008 zincirin yakma alın kaynağı sonrası kontrol dışı durumların tespiti için kullanılmıştır. İPK metodundan Pareto Analizi ise zincir çeşitlerinin üretiminde kullanılan makinelerin duruş sebeplerini tespit etmek için kullanılmıştır. Histogram, X-R Kontrol Grafiği, X-S Kontrol Grafiği ve Süreç Yeterlilik Analizinin uygulanmasında ve yorumlanmasında “Custom / QC İstatistik Programı” kullanılmıştır. Makine yeterlilik

## **ÖZET (devam ediyor)**

analizi, Sebep-Sonuç Grafiği ve Pareto Analizinin uygulanmasında ve yorumlanmasında ise Excel'de hazırlanan program kullanılmıştır. Uygulamalar Şubat 2007 (ilk veriler) ve Temmuz 2007 (ikinci veriler) verilerine yapılmıştır. Şubat 2007 verilerinin değerlendirilmesinden tespit edilen kontrol dışı durum nedenlerine ve tüm makinelerin duruş sebeplerine göre düzenlenen rapor işletmeye üretim sürecini düzenlemesi için verilmiştir. İşletme üretim sürecinde bu rapor doğrultusunda üç aylık sürede düzenleme yapmıştır. Üç ay sonunda Temmuz 2007 verilerin değerlendirilmesinde işletmenin malzeme üretim kaybında % 2 - 3 (% 50), üretim maliyet kaybında 16,80 - 25,20 YTL (% 50) ve üretim süre kaybında 0,25 - 1 saat (% 50)'lik iyileşme sağlanmıştır.

Ayrıca yakma alın kaynağı makinesinde sabit parametrelerde üretilen üç grup zincire kaynak deneyi ve sonlu elemanlar analiz çalışması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İstatistiksel Süreç Kontrol, Pareto Analizi, Kontrol Grafikleri, Sebep-Sonuç Grafiği, Süreç Yeterlilik Analizi, Makine Yeterlilik Analizi

**Bilim Kodu:** 626.12.00

**ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

**APPLICATION OF STATISTICAL PROCESS CONTROL  
METHODS IN A CHAIN MANUFACTURE**

**Ersin SELALMAZ**

**Karabuk University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Machine**

**Thesis Advisor: Asst. Prof. Metin ZEYVELİ**

**September 2008, 146 pages**

In this research, applications of Statistical Process Control (SPC) have been carried out. Histogram, control graphics, cause and effects graphics, process efficiency analysis and machinery efficiency analysis which are statistical process control methods (SPC) have been used to determine out of control situations after the chain flash butt welding of 10mm SAE 1008. Pareto analysis which is method of SPC is used to determine the reason of cessation of the machinery used in the production of all the chains. In the application and exposition of histogram, X-R control graphic, X-S control graphic, process efficiency analysis Custom / QC program has been used. In the machinery analyses, cause and effect graphic, and application and exposition of pareto analyses Excel has been used. The applications were made by he data from January 2007 (first data) and

## **ABSTRACT (continued)**

July (second data) 2007. The report edited according to the out of control reasons taken from the data from January 2007 and cessation reason of the machinery have been given to the firm to arrange the production process. The firm has made rearrangements over a three-month period. At the end of three months in the evaluation of July 2007 data it is seen that there is an improvement of % 2 - 3 (% 50) in production losses, in production cost 16,80 - 25,20 YTL (% 50), and production time loss 0,25 - 1 hour (% 50).

Also, the pulling endurance test, resistance calculation and finite elements analyses have been made to the three groups of chains manufactured in constant (fixed) parameters in the flash front welding machine.

**Keywords:** Statistical Process Control, Pareto Analysis, Control Graphics, Cause and Effect Graphic, Process Efficiency Analysis, Machine Efficiency Analysis.

**Science Code:** 626.12.00



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin, gerek ders gerekse tez aşamasında danışmanlığımı yürüten, çalışmalarına bilgi ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, tecrübelerinden faydalandığım, değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren tez danışmanım değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Metin ZEYVELİ'ye ve ANSYS analizinde yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU'na teşekkürü bir borç bilmekteyim. Bununla birlikte çalışmalarına katkıda bulunan Kastamonu Zincir Sanayi ve Ticaret AŞ'ne, şirketin bütün imkânlarını sunan İşletme Müdürü Sayın Muzaffer CAN, çalışanlarından Elektronik Mühendisi Başak ZENGER ve Atölye Sorumlusu Ahmet GEBEŐ, bütün çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü bölümü öğretim elemanlarına teşekkürlerimi sunarım.

En zor zamanlarımda yanımda olan, eşim Rabia ÜNAL SELALMAZ ve kızım Nurefőan SELALMAZ'a başta olmak üzere, beni bugünlere getiren ve tez çalışmam boyunca benden manevi desteğini hiç esirgemeyen çok değerli aileme őükranlarımı sunarım.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	vii
TEŞEKKÜR .....	ix
İÇİNDEKİLER .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xxiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 LİTERATÜR BİLGİSİ .....	3
BÖLÜM 3 KALİTE VE KALİTE KONTROL .....	7
3.1 KALİTENİN TANIMI .....	7
3.1.1 Kaliteyi Oluşturan Unsurlar .....	8
3.1.2 Kalite Maliyetleri .....	8
3.2. KALİTE KONTROL .....	9
3.2.1 Kalite Kontrol Aşamaları .....	10
BÖLÜM 4 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL .....	11
4.1 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL METOTLARI .....	13
4.1.1 Veri Tablosu .....	14
4.1.2 Histogram .....	16
4.1.3 Pareto Analizi .....	19
4.1.4 Gruplandırma .....	22
4.1.5 Sebep-Sonuç Grafiği .....	22
4.1.6 Serpilme Grafiği .....	25

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.1.7 Kontrol Grafikleri .....	26
4.1.7.1 Kontrol Grafiklerinin Seçilmesi.....	29
4.1.7.2 Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması.....	30
4.1.7.3 Ölçülebilir Veriler İçin Kontrol Grafikleri .....	33
X-R Kontrol Grafiği .....	33
X-S Kontrol Grafiği.....	36
4.1.7.4 Ölçülemez Veriler İçin Kontrol Grafikleri.....	38
4.1.8 Süreç Yeterlilik Analizi .....	39
4.1.9 Makine Yeterlilik Analizi .....	42
4.2 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL METODLARININ	
UYGULAMA AŞAMALARI.....	45
4.2.1 Sürecin Tanımlanması .....	45
4.2.2 Kontrol Edilecek Karakteristiklerin Belirlenmesi.....	45
4.2.3 Ölçü Aletlerinin Seçimi, Test ve Kalibrasyonu.....	45
4.2.4 Örnekleme Büyüklüğü ve Sıklığı .....	46
BÖLÜM 5 UYGULAMA .....	47
5.1 UYGULAMA YAPILAN YER HAKKINDA GENEL BİLGİLER .....	47
5.2 MATERYAL VE METOT .....	48
5.2.1 Nominal Çapı 10 mm Zincirin Üretim Süreci.....	48
5.2.1.1 Kaynak.....	52
5.2.1.2. Kaynak Kabiliyeti .....	52
5.2.1.3 Kaynak Bağlantıları .....	52
Kaynak Dikiş Kalitesi.....	53
Kaynak Bağlantılarının Boyutlandırılması .....	53
5.2.1.4 Kaynak Çeşitleri .....	55
Elektrik Direnç Kaynağı .....	55
Yakma Alın Kaynağı .....	56
5.2.2 Kullanılan Malzeme Hakkında Bilgi .....	60
5.2.3 Kaynak Deneyi ve Analizleri .....	61

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.2.3.1 Zincir Baklalarının Üretim İşlemleri.....	61
5.2.3.2 Pres Baskısı.....	62
5.2.3.3 Çekme Deneyi.....	63
5.2.3.4 Nominal Çapı 10 mm Zincir İçin Yakma Alın Kaynağı Sonrası Mukavement Hesabı .....	65
5.2.3.5 Nominal Çapı 10 mm Zincir İçin Yakma Alın Kaynağı Sonrası Mukavement Hesabının Sonlu Elemanlar Analizi İle Yapılması.....	68
5.3 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL'ÜN ZİNCİR ÜRETİMİNE UYGULANMASI VE ANALİZLERİ .....	76
5.3.1 Şubat 2007 (İlk Veriler) Verilerine Göre Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde Yakma Alın Kaynağı Sonrası Kontrol Dışı Durumların Tespiti	76
5.3.1.1 Süreçin Tanımlanması .....	76
5.3.1.2 Kontrol Edilecek Özelliğın Belirlenmesi .....	76
5.3.1.3 Ölçü Aletlerinin Seçimi, Test ve Kalibrasyonu.....	78
5.3.1.4 Örnekleme Büyüklüğü ve Sıklığı.....	78
5.3.1.5 İstatistiksel Süreç Kontrol Metodunun Seçimi .....	79
5.3.1.6 Histogram .....	79
5.3.1.7 Kontrol Grafikleri .....	81
X-R Kontrol Grafiğı .....	81
X-S Kontrol Grafiğı .....	83
5.3.1.8 Süreç Yeterlilik Analizi.....	85
5.3.1.9 Makine Yeterlilik Analizi.....	86
5.3.2 Şubat 2007 (İlk Veriler) Verilerine Göre Zincir Çeşitlerinin Üretiminde Kullanılan Makinelerin Duruş Sebeplerinin Tespiti .....	87
5.3.2.1 Sürecin Tanımlanması ve Kontrol Edilecek Karakteristiğın Belirlenmesi.....	87
5.3.2.2 Ölçü Aletlerinin Seçimi ve Örnekleme Büyüklüğü .....	88
5.3.2.3 İstatistiksel Süreç Kontrol Metodunun Seçimi .....	88
5.3.2.4 Pareto Analizi .....	89
5.3.3 Şubat 2007 Verilerin Değerlendirilmesinde Uygulanan Sebep-Sonuç Grafiklerinin İncelenmesi .....	91

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
5.3.3.1 Kontrol Grafikleri İçin Sebep-Sonuç Grafiği .....	91
5.3.3.2 Pareto Analizi İçin Sebep-Sonuç Grafiği .....	93
5.3.3.3 Sonuçların Uygulanabilirliği .....	95
5.3.4 Temmuz 2007 (İkinci Veriler) Verilerine Göre Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde Yakma Alın Kaynağı Sonrası Kontrol Dışı Durumların Tespiti .....	97
5.3.4.1 Histogram .....	97
5.3.4.2 Kontrol Grafikleri .....	98
X-R Kontrol Grafiği .....	98
X-S Kontrol Grafiği .....	101
5.3.4.3 Süreç Yeterlilik Analizi.....	103
5.3.4.4 Makine Yeterlilik Analizi.....	104
5.3.5 Temmuz 2007 (İkinci Veriler) Verilerine Göre Tüm Zincir Çeşitlerinin Üretiminde Kullanılan Tüm Makinelerin Duruş Sebeplerinin Tespiti .....	104
5.3.5.1 Pareto Analizi .....	105
5.4 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	106
5.4.1 Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde Yakma Alın Kaynağı Sonrası Kontrol Dışı Durumlar .....	106
5.4.2 Zincir Çeşitlerinin Üretiminde Kullanılan Makinelerin Duruş Sebepleri....	110
BÖLÜM 6 SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	113
6.1 SONUÇLAR .....	113
6.2 ÖNERİLER.....	115
KAYNAKLAR.....	117
EK AÇIKLAMALAR A. KONTROL GRAFİKLERİNDE KULLANILAN KATSAYILAR.....	123
EK AÇIKLAMALAR B. ÇEKME DENEYİ GRAFİK KARTLARI .....	125

## İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
EK AÇIKLAMALAR C. NOMİNAL ÇAPI 10mm ZİNCİRE AİT ÜRETİM SÜREÇ ŞEMASI .....	129
EK AÇIKLAMALAR D. VERİ TABLOSU .....	131
EK AÇIKLAMALAR E. ŞUBAT 2007 (İLK VERİLER) VERİLERİ.....	133
EK AÇIKLAMALAR F. HAZIRLANAN İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL EXCEL PROGRAMI ARA YÜZLERİ.....	139
EK AÇIKLAMALAR G. TEMMUZ 2007 (İKİNCİ VERİLER) VERİLERİ.....	141
ÖZGEÇMİŞ.....	145





## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 İki Parçaya Bölünmüş Histogram .....	18
4.2 Kesikli Histogram .....	18
4.3 İki Modlu Histogram.....	19
4.4 Soldan Sağa Azalan Histogram .....	19
4.5 Pareto Grafiği.....	21
4.6 Sebep-Sonuç Grafiği .....	24
4.7 Serpilme grafik çeşitleri a. Pozitif korelasyon, b. Korelasyon yok, c. Pozitif korelasyon olabilir, d. Negatif korelasyon, e. Negatif korelasyon olabilir .....	26
4.8 Kontrol Grafiklerinde Kullanılan Çizgiler .....	28
4.9 Kontrol Grafik Çeşitleri.....	29
4.10 Ardışık Noktaların Merkez Çizgisinin Sadece Altında Veya Sadece Üstünde Seyretmesi.....	31
4.11 Süreli Ve Düzenli Değişme .....	31
4.12 Periyodik Değişimler.....	32
4.13 Ortalama Değer Veya Limit Değerlere Yakın Bölgelerde Yığılmalar .....	32
4.14 Ani Sıçrayışlar .....	33
4.15 Süreç Yeterlilik Analizi Akış Şeması.....	42
5.1 Bükme Makinesi Çıkış Ölçü Yeri Sembolleri.....	49
5.2 Yakma Alın Kaynağı Çıkış Ölçü Yeri Sembolleri .....	49
5.3 Ölçüye Getirme İşlemi Çıkış Ölçü Yeri Sembolleri .....	51
5.4 a) Parça Kalınlığı Birbirine Eşit Olduğunda Dikiş Kalınlığı b) Parça Kalınlığı Birbirine Eşit Olmadığında Dikiş Kalınlığı.....	53
5.5 Geniş Parçalar İçin Yakma Olayının Kolaylaştırılmasına İlişkin Yüzey Hazırlığı.....	56
5.6 Bağlantı Geometrisine Parça Merkezlenmesinin Etkisi.....	57
5.7 Yakma Alın Kaynağının İşlem Sırası.....	58
5.8 Dairesel Kesitli Yakma Alın Kaynak Makinesi .....	59
5.9 a. Sıyrılmalı Üretilen Zincir, b. Sıyrımsız Üretilen Zincir.....	62
5.10 Preslemede Kullanılan Kalıp .....	63

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.11 Kalıpta Preslenen Zincir Baklası.....	63
5.12 Presleme Sonucu Elde Edilen Zincir.....	63
5.13 Çekme Deneyinin Yapıldığı Çekme Makinesi .....	64
5.14 Çekme Deneyi Sonucu Kopan Zincir.....	64
5.15 Çalışan Zincire Uygulanan Çekme Kuvvetleri.....	66
5.16 Kaynak Bölgesine Etki Eden Çekme Kuvveti.....	66
5.17 Zincirin Element Yapısı .....	68
5.18 Zincirin Node Yapısı, Yükler Ve Sabitleme Durumu.....	68
5.19 Uygulanan 40000 N Kuvvete Göre Von Mises Gerilme Değerleri (kPa).....	70
5.20 Uygulanan 50000 N Kuvvete Göre Von Mises Gerilme Değerleri (kPa).....	70
5.21 Uygulanan 60000 N Kuvvete Göre Von Mises Gerilme Değerleri (kPa).....	71
5.22 Uygulanan 70000 N Kuvvete Göre Von Mises Gerilme Değerleri (kPa).....	71
5.23 Uygulanan Kuvvetlere Göre Von Mises Değerler Grafiği.....	72
5.24 Uygulanan 40000 N Kuvvete Göre Z Yönündeki Uzamalar.....	73
5.25 Uygulanan 50000 N Kuvvete Göre Z Yönündeki Uzamalar.....	73
5.26 Uygulanan 60000 N Kuvvete Göre Z Yönündeki Uzamalar.....	74
5.27 Uygulanan 70000 N Kuvvete Göre Z Yönündeki Uzamalar.....	74
5.28 Uygulanan Kuvvetlere Göre Z Yönündeki Uzama Değerler Grafiği .....	75
5.29 Şubat 2007 Verilerine Göre Histogram.....	80
5.30 Şubat 2007 Verilerine Göre X-R Kontrol Grafiği (23 Günlük).....	82
5.31 Şubat 2007 Verilerine Göre X-S Kontrol Grafiği (23 Günlük).....	84
5.32 Hazırlanan İPK Excel Programı Ön Yüzü.....	88
5.33 Şubat 2007 Verilerine Göre Tüm Makinelerin Duruş Sebepleri İçin Pareto Grafiği .	90
5.34 Nominal Çapı 10 mm Zincir Baklasında Oluşan Kontrol Dışı Durumlar İçin Sebe- Sonuç Grafiği.....	92
5.35 Makinelerin Duruş Sebepleri İçin Sebe-Sonuç Grafiği.....	94
5.36 Temmuz 2007 Verilerine Göre Histogram.....	98
5.37 Temmuz 2007 Verilerine Göre X-R Kontrol Grafiği (20 Günlük).....	100
5.38 Temmuz 2007 Verilerine Göre X-S Kontrol Grafiği (20 Günlük) .....	102
5.39 Temmuz 2007 Verilerine Göre Tüm Makinelerin Duruş Sebepleri İçin Pareto Grafiği.....	105

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.40 Şubat 2007 Ve Temmuz 2007 Aylarındaki Malzeme Üretim Kaybı.....	109
5.41 Şubat 2007 Ve Temmuz 2007 Aylarındaki Üretim Maliyet Kaybı.....	109
5.42 Şubat 2007 Ve Temmuz 2007 Aylarındaki Üretim Süre Kaybı.....	110
5.43 Şubat 2007 Ve Temmuz 2007 İçin Bir Vardiyada Kullanılan Makineleri Üretim Maliyet Kaybı .....	111
5.44 Şubat 2007 Ve Temmuz 2007 İçin Bir Vardiyada Kullanılan Makineleri Üretim Süre Kaybı .....	112



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Niteliksel Veriler İçin Veri Tablosu.....	15
4.2 Her Bir Çubuğun Üst, Alt Ve Sütun Genişliği Sınırlarının Hesabı .....	17
4.3 $C_p$ ve $C_{pk}$ İndekslerinin Karar Noktaları.....	40
5.1 Bükme Makinesi Çıkış Standart Ölçü Değerleri .....	49
5.2 Yakma Alın Kaynağı Çıkış Standart Ölçü Değerleri.....	50
5.3 Nominal Çapı 10 mm Zincire Ait Standart Değerler .....	50
5.4 Ölçüye Getirme İşlemi Çıkış Standart Ölçü Değerleri.....	51
5.5 Süreye Bağlı Renk Değişimi .....	51
5.6 SAE 1008 Çeliğin Standartlarda Gösterilişi .....	60
5.7 SAE 1008 Çeliğin Kimyasal Analiz Sonuçları.....	61
5.8 SAE 1008 Çeliğin Mekanik Özellikleri .....	61
5.9 Yakma Alın Kaynağında Kullanılan Kaynak Parametreleri .....	62
5.10 Çekme Deneyleri Sonuçları.....	65
5.11 Kaynak Bölgesine Göre Oluşan Gerilme Değerleri.....	72
5.12 Nominal Çapı 10 mm Zincir İçin Yakma Alın Kaynağı Kaynak Makinesi Kaynak Parametreleri.....	77
5.13 Nominal Çapı 10 mm Zincir İçin Malzeme Sertlik Değerlerine Göre Kaynak Parametreleri.....	77
5.14 Şubat 2007 Verilerine Göre Histogram Analizi.....	80
5.15 Şubat 2007 Verilerine Göre X-R Kontrol Grafiği Değerleri.....	81
5.16 Şubat 2007 Verilerine Göre X-S Kontrol Grafiği Değerleri .....	83
5.17 Şubat 2007 Verilerine Göre Süreç Yeterlilik Analizi Değerleri.....	85
5.18 Şubat 2007 Ölçüye Getirme İşlemi Sonrası Verilerine Göre Süreç Yeterlilik Analizi Değerleri.....	86
5.19 Şubat 2007 Verilerine Göre Makine Yeterlilik Analizi Değerleri.....	86
5.20 İşletmede Zincir Çeşitlerinin Üretiminde Kullanılan Makineler .....	87
5.21 Makinelerin Duruş Sebepleri İle İlgili Şubat 2007 Verileri .....	89

## ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
5.22 Arıza Duruş Çeşitleri, Yüzdesi, Duruş Süresi Ve Üretim Kayıp Miktarları.....	89
5.23 Ayar Duruş Çeşitleri, Yüzdesi, Duruş Süresi Ve Üretim Kayıp Miktarları.....	90
5.24 Temmuz 2007 Verilerine Göre Histogram Analizi.....	97
5.25 Temmuz 2007 Verilerine Göre X-R Kontrol Grafiği Değerleri.....	99
5.26 Temmuz 2007 Verilere Göre X-S Kontrol Grafiği Değerleri .....	101
5.27 Temmuz 2007 Verilere Göre Süreç Yeterlilik Analizi Değerleri.....	103
5.28 Temmuz 2007 Ölçüye Getirme İşlemi Sonrası Verilerine Göre Süreç Yeterlilik Analizi Değerleri.....	103
5.29 Temmuz 2007 Verilerine Göre Makine Yeterlilik Analizi Değerleri.....	104
5.30 Makinelerin Duruş Sebepleri İle İlgili Temmuz 2007 Verileri .....	105
5.31 Şubat 2007 Bir Vardiyada Nominal Çapı 10 mm Zincire Ait Malzeme Kayıpları ..	108
5.32 Temmuz 2007 Bir Vardiyada Nominal Çapı 10 mm Zincire Ait Malzeme Üretim Kayıpları .....	109
5.33 Şubat 2007 Değerlendirmesinde Bir Vardiyada Makinelere Ait Malzeme Üretim Maliyet Kaybı Ve Zaman Kaybı.....	111
5.34 Temmuz 2007 Değerlendirmesinde Bir Vardiyada Makineler Ait Malzeme Üretim Maliyet Kaybı Ve Zaman Kaybı.....	111

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

a	: Kaynak dikiş kalınlığı
A2	: n göre değişen sabit değerler
A3	: n göre değişen sabit değerler
B3	: n göre değişen sabit değerler
B4	: n göre değişen sabit değerler
c	: Birim başına düşen hata sayısı
C	: Karbon
Ceq	: Karbon eşdeğeri
C <sub>m</sub>	: Makine yeterlilik katsayıları
C <sub>mk</sub>	: Makine yeterlilik katsayıları
C <sub>p</sub>	: Süreç yapabilirlik indeksi
C <sub>pk</sub> (C <sub>pl</sub> -C <sub>pu</sub> )	: Süreç performans indeksi
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
D	: Malzeme çapı
D3	: n göre değişen sabit değerler
D4	: n göre değişen sabit değerler
HRC	: Rockwell Sertlik ölçme birimi
<i>l<sub>k</sub></i>	: Kaynak dikiş uzunluğu
Mn	: Mangan
n	: Örneklem sayısı
N	: Azot
Ni	: Nikel
np	: Kusur sayıları
p	: Kusurlu oran
P	: Fosfor
R	: Aralık değer
R <sub>ort</sub>	: Alt grupların aralık değeri ortalaması

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

$S_{ort}$	: Alt grupların standart sapma ortalaması
$S$	: Alt grup standart sapma
$S$	: Kükürt
$Si$	: Silisyum
$u$	: Ürün başına düşen hata sayısı
$V$	: Zayıflama katsayısı
$V_1$	: Kaynak dikiş katsayısı
$V_2$	: Kaynak kalite katsayısı
$V_3$	: Darbe katsayısı
$V_4$	: Gerilme yığılması katsayısı
$X$	: Alt grup örneklem ortalaması
$X_{ort}$	: Alt grupların ortalamaların ortalaması
$\mu$	: Mikron

## KISALTMALAR

ADTS	: Alt doğal tolerans sınırı
AG	: Alt grup
AKL (UCL)	: Alt kontrol limiti
AT (Lsl)	: İşletmenin üretim alt toleransı
AVE	: Merkez çizgi (Average)
İPK	: İstatistiksel süreç kontrol
LCL	: Alt kontrol limiti (Lower control limit)
MÇ	: Merkez çizgi
UCL	: Üst kontrol limiti (Upper control limit)
ÜDTS	: Üst doğal tolerans sınırı
ÜKL	: Üst kontrol limiti
ÜT (Usl)	: İşletmenin üretim üst toleransı



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Günümüz teknoloji çağında ilerlemeler hızlı olmakta ve teknolojiye ayak uydurmakta güçlük çekilmektedir. Her geçen gün yeni bir ürün, yeni bir teknolojiyle üretilmiş olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna göre rekabet koşulları üreticiler için zor bir hâl almıştır. Bilinçli üreticiler kaliteli üretim için ürün ve üretim süreçlerini en iyi yapacak yöntemlere giderek daha çok gereksinim duymaktadırlar. Dolayısıyla da üretimin her aşamasında kaliteyi olumsuz yönde etkileyecek nedenleri ortadan kaldırarak, üretimde sürdürülebilir kaliteyi elde etmek ve kaliteye etki eden etkenleri denetlemek istenilen bir yaklaşımdır.

Üretim; mal, hizmet veya fikir üretme sürecidir. Üretilen ürün elle tutulabilir bir nesne, bir hizmet veya bir fikir şeklinde olabilir. Her üç durumda da amaç kaliteli bir ürün elde etmek ve müşteriye memnun etmektir (Gençyılmaz ve Zaim, 1999).

Kalite bir ürün veya hizmetin, insanların isteklerini karşılayabilme derecesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için kalite kontrol çalışmaları yapılmaktadır. Kalite kontrol, bir işletmenin kalite hedeflerine ulaşması, kalite isteklerinin sağlanması için kullanılan uygulama yöntemleri ve faaliyetlerin tümüdür (Kaya ve Engin, 2005).

Kalite iyileştirme ve geliştirme sürecinde İstatistiksel Süreç Kontrol (İSK) yöntemleri geniş bir kullanım alanına sahiptir. İstatistiğin kalite kontrolde geniş uygulama olanağı bulması, minimum malzeme ve işçilikle yüksek kalite düzeyinde ve büyük miktarlarda üretimi zorunlu kılan 1930'lu yıllarda Dr. Walter A. Shewhart' in geliştirdiği kontrol grafiklerine dayanmaktadır. İSK yöntemleri; süreçlerde gözlenen değişkenlikleri belirlemeye çalışır, kaliteyi iyileştirir, geliştirir, verimliliği artırır, maliyeti düşürür ve karmaşık süreçleri analiz ederek bunlar arasındaki sebep-sonuç ilişkilerini ortaya çıkarıp kalite iyileştirme faaliyetlerini kolaylaştırmaktadır. Bu yöntemler; makine, imalat, otomotiv, elektronik, tekstil, sağlık ve gıda gibi çeşitli endüstri dallarında kullanılmaktadır (Kaya ve Ağa, 2003).

Bu çalışma, altı bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölüm giriş bölümüdür.

İkinci bölümde İSK ile ilgili yapılan literatür araştırması hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde kalite, kalitenin geliştirilmesi için gerekli hazırlık çalışmaları ve kalite kontrol hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü bölümde İSK, İSK metotları ve uygulama aşamaları anlatılmıştır. Kalite değişimine sebep olan genel ve özel nedenler ortaya konulmuştur. Süreç kontrolü, kalite değişiminin nedenleri ve İSK'nın yararı maddeler hâlinde ortaya konulmuş hemen ardından İSK'nın metotlarından bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde uygulama yapılan işletme ve 10 mm zincirin üretim süreci hakkında bilgi verilmiştir. Yakma alın kaynağı kaynak makinesinde sabit parametrelerde üretilen üç grup zincir numunesine üretim farklılıklarının zincir kaynak bölgesindeki dayanımına etkisini görmek yapılan kaynak deneyi, mukavemet hesabı ve sonlu elemanlar analizi (ANSYS Multiphysics) bu bölümde yer almaktadır. Ayrıca işletmeden elde edilen niceliksel ve niteliksel verilere gerekli İSK metotlarının uygulaması yapılmıştır. Uygulamalar nominal çapı 10 mm zincir üretiminde yakma alın kaynağı sonrası kontrol dışı durumların tespiti ve zincir çeşitlerinin üretiminde kullanılan makinelerin duruş sebeplerinin tespiti ile ilgilidir.

Altıncı bölüm ise uygulamalardan elde edilen sonuç ve sonraki çalışmalar için önerilerin bulunduğu kısımdır.

## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR BİLGİSİ

Modern imalat sistemlerinde yüksek verimlilikte çalışmak ve %100 müşteri tatmini sağlamak için süreci sürekli geliştirmek bir zorunluluk haline gelmiştir. Üretimden çıkan ürünlerin tamamının gerekli spesifikasyonları sağladığını garanti etmek için üretim süreçleri üzerinde tam bir hâkimiyet gerektirmektedir. Bu hakimiyet İSK metotları ile sağlanmaktadır. İstatistiksel metotlar ile değişik alanlarda kalite iyileştirme sürecinde son yıllarda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Son yıllarda yapılan bazı çalışmalar şunlardır:

Patel ve Heising (1997)'in yapmış oldukları çalışmada İSK tekniklerinden korelasyon analizini, istatistiksel kontrol uygulamasını ve süreç analizini ticari nükleer güç santralının bakımı ve kontrolü için uygulamış, uygulama sonunda santral güvenliğinde oldukça yüksek oranda iyileşme meydana gelmiştir.

Clark ve arkadaşları (1998)'nin yapmış oldukları çalışmada Maine Medikal Merkezindeki objektif klinik kategorileri ve istatistiksel kontrol metotlarından kontrol grafikleri ve Pareto analizi kullanılarak, travmadan ölüm oranındaki eğilimleri takip edecek basit ve etkili bir yol geliştirmeye çalışmıştır.

Kakuro (2000)'nin yapmış olduğu çalışmada, Toyota fabrikasında istatistiksel teknikler kullanarak; kalite – maliyet – teslimat - güvenlik ve müşteri memnuniyeti değerlerini inceleyen, bunlardaki değişimleri izleyen bir İSK sistemi oluşturmuştur.

Thomson ve arkadaşları (2000)'nin yapmış oldukları çalışmada, enerji kullanımı ve korunumundaki olası hataları, İSK'daki hata teşhis yöntemi ile erken belirlemeye çalışmışlardır.

Dale ve arkadaşları (2001)'nin yapmış oldukları çalışmada, kalite çemberlerini, iş süreçlerinde yeniden yapılanma ve İSK'nın bir geçici heves mi, moda mı yoksa bir uyum yapısı mı olduğunu literatür tabanlı bir çalışma ile ortaya koymaya çalışmışlardır.

Fugate (2001)'nin yapmış olduğu çalışmada, titreşim tabanlı hasar tespiti sorununa yönelik istatistiksel analiz süreçlerinin uygulanmasıyla, bu alandaki araştırmayı genişletmeyi amaçlamıştır. Çalışma 'kontrol grafikleri' olarak ifade edilen İSK metotlarının titreşim tabanlı hasar tespitine uygulanması üzerinde odaklanmıştır.

Özcan (2001)'nin yapmış olduğu çalışmada, Sivas Çimento Fabrikası'nda meydana gelen üretim duruş sebeplerini önem sırasına koymak için İSK metotlarından Pareto Analizinin uygulaması yapılmıştır.

Schippers (2001)'in yapmış olduğu çalışmada, İSK metotlarının, üretim kontrolü ve otomatik süreç kontrolü ile beraber imalat süreçlerinin teknik kontrolünde uyumlu bir takım oluşturulduğunu belirtmiştir.

Zhang ve Igel (2001)'nin yapmış oldukları çalışmada, Çin'deki İSK sürecinin gelişimini, bir anahtar üreticisi olan CoPS işletmesindeki uygulamalarla açıklamaya çalışmışlardır.

Corbett ve Pan (2002)'nin yapmış oldukları çalışmada, sürecin çevresel performansının ölçüm ve değerlendirilmesi için İSK teknikleri kullanmışlardır. Çalışmada kontrol grafikleri, zaman cetvelindeki saptanabilen anormal değişimleri gözlemlemek için kullanılmıştır. Ayrıca uygun olmayan durumların meydana gelme riski açısından çevre değişim performansını kontrol altında tutabilmek için süreç yeterlilik analizi önerilmiştir.

Callao ve Rius (2003)'nin yapmış oldukları çalışmada, sudaki sülfatı belirlemek için kullanılan UV / görünür tespiti ile sıralı enjeksiyon analiz (SIA) sistemini izlemek amacıyla en yaygın kontrol grafiklerinin (X ve R grafikleri) bir tamamlayıcısı olarak zaman serisi metodu kullanılmıştır.

Zorriassatine ve arkadaşları (2003)'nin yapmış oldukları çalışmada, yapay sinir ağları tekniğini, çok değişkenli İSK'nın raporlayamadığı bir uygulamada kullanmışlardır.

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

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

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

Motorcu ve Güllü (2006)'nün yapmış oldukları çalışmada, orta ölçekli bir şirkette imalat sürecinde küresel dökme demir parçalarının üretiminde dairesel olmama gibi süreçte meydana gelen değişikliklerden tanımlanabilir nedenleri bulmak ve bunları düzeltmek için elde edilen verilere X-R kontrol grafiği ve süreç yeterlilik analizi ( $C_p$  ve  $C_{pk}$ ) uygulamıştır.

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

Çetinkaya ve Arabacı (2006)'nin yapmış oldukları çalışmada, yakma alın kaynağı parametreleri ile kaynak yapılan 16MnCr5 zincir çeliğinde tavlamanın mikro yapılarına ve mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir.

Çetinkaya ve arkadaşları (2006)'nin yapmış oldukları çalışmada, yakma alın kaynağı parametreleri ile kaynak yapılan X40CrMoV5 1 (H13) sıcak iş çeliği ile Ç1030 çeliğinde uygulanan bu parametrelerin malzemelerdeki mikroyapı ve mekanik özellikleri üzerine etkisi incelenerek uygun kaynak parametrelerinin belirlenmesi yapılmıştır.



## BÖLÜM 3

### KALİTE ve KALİTE KONTROL

Günümüzde, kalite güvencesi kavramı tüm anlamıyla ön plana çıkmış, sürece hâkimiyet göz ardı edilemeyecek bir faktör hâlini almıştır. Özellikle kütle ve seri imalat ile üretim hatları artmış, üretimi kontrol altına almak iyice zorlaşmış, süreç kontrolü için özel çalışmalara gereksinim duyulmuştur. Kalite gereksinimlerini yerine getirmek için üretim süreci üzerinde tam bir kontrol sağlamak gerekmektedir. Üretim öncesi dizayn aşamasında, üretim bantlarında sürekli muayene, yapılan analiz, simülasyon vb. çalışmalarla süreç kontrolü elde etmek mümkündür (Yıldırım, 2004).

#### 3.1 KALİTENİN TANIMI

Kalite, bir ürün ya da hizmetin belirlenen ya da olabilecek ihtiyaçları karşılama yeterliliğine dayanan özelliklerinin toplamıdır. Çalışmanın uygulamasına yön veren Ishikawa'nın kaliteye bakış açısını ise şu çerçevede özetlemek mümkündür; kalite, kalite kontrol uygulamak, en ekonomik, en kullanışlı ve tüketiciye daima hoşnut eden kaliteli ürünü geliştirmek, tasarımını yapmak, üretmek ve satış sonrası hizmetlerini vermektir (Türedi, 1999).

Kalite, teknik açıdan tanımlanacak olursa; üretimi yapılan parça, ürün veya ünitenin tespit edilmiş olan teknik resim ve şartnamelere uygun şekilde elde edilmesidir (Tezel, 2006).

Kalitenin hedefi, kullanıcının istek ve ihtiyaçlarına farklı mal ve hizmet grupları için farklı zamanlarda, farklı kullanıcılar tarafından, farklı beklenti seviyelerinin karşılanması olarak ifade edilebilir (Kaya ve Ağa 2003).

En iyiler arasına girebilmek için işletmelerin kalite yönetimi alanında rekabet edebilecek güce sahip olmaları gerekir. Kalite yönetiminin içeriği; organizasyon kalitesi, bilgi sistemlerinin tamamı, tasarım periyotları ve teknolojik yönleri ve ayrıca aşamalarda nihai ürünleri meydana getirmedeki bireysel kalite, ürünün sunulması ve sipariş süresidir (Şimşek, 1998; Gençyılmaz, 1999; Dubek and Burlikowska, 2005).

Günümüzde gelişen rekabetle birlikte işletmeler, minimum maliyetle daha fazla fayda sağlamak amacıyla kaliteye yönelmişlerdir (Kahraman ve Koç, 2004).

### **3.1.1 Kaliteyi Oluşturan Unsurlar**

Kalite tasarım, uygunluk ve performans kalitesi olmak üzere üç grupta incelenir. Kalite düzeyinin artırılması için bu üç grup da göz önünde bulundurulmalıdır (Türedi, 1999):

a) Tasarım kalitesi; bir ürün ya da hizmetin istenen özelliklere sahip olması tasarım kalitesi ile ilgilidir. Örneğin; bir otomobilin otomatik ya da düz vitesli olması bir “tasarım” meselesidir. Yani otomobilin döşemesinin deri ya da plastik olması da yine bir tasarım konusudur. Benzer şekilde, bir kol saatinin kayışı plastik, deri, çelik ya da altın olabilir.

Bir aracın işe yarayacak biçimde tasarımı ve etkin bir biçimde uygulanabilmesi için;

1. Tüketici isteklerinin tespiti ve değerlendirilmesi,
2. Gerekli teknolojik olanakların sağlanması,
3. İşletme içinde olumlu beşeri ilişkilerin sürdürülmesi
4. Kalite ve onunla ilgili kavramların tüm personel tarafından eksiksiz ve doğru anlaşılması gerekir.

b) Uygunluk kalitesi; uygunluk kalitesi, müşteriye sunulan ürünün belirlenmiş olan tasarıma ne kadar uyduğu ile ilgilidir. Yukarıda sözü edilen otomatik vitesli otomobilin diyelim ki 30, 60, 90 ve 120 km/saat düzeyindeki hızlarla kendiliğinden vites değiştirmesi tasarlanmış olsun. Eğer üretilen tüm otolar gerçekten bu hızlarda vites değiştiriyorsa, uygunluk kalitesi “mükemmel” dir. Değilse, uygunluk kalitesi düşük demektir.

c) Performans Kalitesi; işletmenin ürün ya da hizmetlerinin pazardaki performans düzeyidir. Bunlar satış sonrası hizmet, bakım, güvenilirlik ve uygulanan lojistik destek analizleri sonucunda müşterinin aldığı ürün ya da hizmetten beklentilerinin belirlenmesi ile tespit edilen özelliklerdir.

### **3.1.2 Kalite Maliyetleri**

Bir ürünün kalitesi, tasarım aşamasından başlayarak satış sonrası hizmetlere kadar olan bölümlerin katılmasıyla belirlenir. Bu da kalitenin firma gelirine etkisinin kalite maliyetleri ile dengelenmesini gerektirir. Kalite maliyetleri iki grupta incelenir (Türedi, 1999):



- a) Yatırım maliyetleri; laboratuvar, ölçme ve kontrol ekipmanları, bina ve ilgili tesisata yapılan harcamaların faizi, amortisman ve fırsat maliyetleridir.
- b) Faaliyet maliyetleri; Önleme maliyetleri, değerlendirme maliyetleri, hatalı ürün maliyetleri, iç ya da dış başarısızlık maliyetidir.

### **3.2 KALİTE KONTROL**

Üretimi yapılan parça, ürün ve üniteden alınacak numunelerin incelenmesi suretiyle istenilen kalite seviyesine ulaşılması için yapılan işlemlere “kalite kontrol” denir. Kalite kontrol, aynı zamanda bir muayene, analiz ve tatbikat sistemidir (Tezel, 2006).

Kalite kontrolü, bir işletmenin kalite hedeflerine ulaşması, kalite isteklerinin sağlanması için kullanılan uygulama yöntemleri ve faaliyetlerin tümüdür.

Bu sebeple kalite kontrolü; proje ve organizasyonun üretim sürecinde ayrı ayrı aşamalarda uygulanan kalite bakımı ve kalite iyileştirme işlemleri alanındaki programlama ve uygulama koordinasyonu ile ilişkili olan bir yönetim sistemidir. Bu faaliyetler, en uygun düzeyde giderler ve müşteri gereksinimlerine uygun olarak yerine getirilmelidir (Kaya ve Engin, 2005; Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2005; Dubek and Burlikowska, 2005).

Kalite kontrolü yapmak; en ekonomik, en kullanışlı ve tüketiciyi her zaman memnun eden kaliteli bir ürünü geliştirmek, tasarlamak, üretmek ve bakımını yapmak demektir. Amaç, standart dışı üretimi önlemek veya önemsiz bir seviyeye düşürmektir (Can 2007).

Kalite kontrol uygulamalarının tümünde aşağıda verilen üç temel unsur diğerlerinden ayrılabilir. Bu unsurlar (Dubek and Burlikowska, 2005):

- a) Kalite bilgisi; mümkün olan en doğru şekilde kontrol edilerek elde edilen üretime ilişkin ulaşılan bilgidir.
- b) Kararlar; sahip olunan bilgiyle ulaşılır. Ulaşılan kararların etkili ve anlaşılır olması ve bu kararlara mümkün olduğunca çabuk ulaşılması gerekir.
- c) Yürütme; gelişime etkisi olacak nitelikte olmalıdır ve düzeltici özellik taşımalıdır.

Kalite kontrolün temel amaçları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kaya vd, 2005).

- a) Mamul kalite düzeyinin yükseltilmesi,
- b) Mamul dizaynının geliştirilmesi,
- c) Daha ucuz ve kolay işlenebilir malzeme araştırması,
- d) İşletme maliyetlerinin azaltılması,
- e) Iskarta, işçilik ve malzeme kayıplarının azaltılması,
- f) Üretim hattındaki darboğazların giderilmesi,
- g) Müşteri şikâyetlerinin azaltılmasıdır.

### **3.2.1 Kalite Kontrol Aşamaları**

Kalite kontrol dört temel aşamadan oluşur. Bunlar:

- a) Standartların kurulması; üst kademe yönetim politikaları, tüketici istekleri ve teknolojik olanaklar göz önüne alınarak mamul kalitesini ilgilendiren maliyet, güvenilirlik ve performans standartlarının belirlenmesidir.
- b) Uygunluk sağlanması; üretilen mamulün kalite özelliklerinin önceden belirlenen standartlara uygunluğunun sağlanmasıdır.
- c) Düzeltici kararlar alınması; standartlardan tolerans limitleri dışına taşan sapmalar meydana geldiğinde gerekli düzeltici kararların alınmasıdır.
- d) Geliştirme çalışmaları; kalite ile ilgili maliyet, güvenilirlik ve performans standartlarının geliştirilmesi, yeni yöntem ve teknolojik olanakların araştırılmasıdır.

## BÖLÜM 4

### İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL

İstatistiksel Süreç Kontrol (İSK); bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir şekilde üretilmesini sağlamak, önceden belirlenmiş kalite toleranslarına uygunluğunu ve standartlara bağımlılığını hedef almak ve kusurlu ürün üretimini minimuma indirmek amacıyla istatistik prensip ve tekniklerin üretimin bütün safhalarında kullanılmasıdır. Amaç, işletme içinde kusurları yakalamak, kusurlu ürün henüz üretilmeden müdahalede bulunarak önlem almaktır (Tezel, 2006). Kaliteli ürün takibi yaparak süreçlerin sabit bir hedefe yönelik olarak sürdürülmesini sağlamaktır (Dubek and Burlikowska, 2005). İstatistik bilim dalı içerisinde en çok uygulama bulan alanlardan biri şüphesiz İSK'dır (Akın ve Öztürk, 2005).

İstatistik, yapılacak tahminler ve varılacak sonuçlardaki hata olasılığını, matematik olasılığına dayanarak tümevarım yoluyla değerlendirmek için niceliksel veri ve bilginin toplanması, sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde en etkili yöntemlerin geliştirilmesi ve uygulanmasıyla gelecek hakkında karar vermeyi sağlayan bir bilim dalıdır (Tezel, 2006). İstatistik, belirli kuram, araç, yöntem ve tekniklerin yardımıyla olaylar hakkında sistematik biçimde bilgilerin toplanması ve incelenmesi sağlayan bilim dalıdır (Can, 2007).

Süreç, bir ürün veya hizmetin üretimini, kalitesini etkileyen sürekli bir işlem veya işlemler dizisidir (Kapıcı, 2005; Sol, 2007).

Kontrol, işlemlerin belirlenmiş amaçlara, hedeflere ve standartlara uygunluğunu sağlamaya yönelik çalışmaların istenen şekilde gitmesini sağlamaktır (Küçükçongar, 2002; Kapıcı, 2005). Endüstriyel terminolojide kontrol, yönetsel faaliyetlerde yetki ve sorumluluğun belirli bir hedef doğrultusunda dağıtılması ve bir faaliyetin önceden saptanan kurallar çerçevesi içinde belirli amaçları gerçekleştirecek biçimde yürütülmesini sağlama fonksiyonlarıdır (Tezel, 2006).

Süreç kontrol, kaliteli üretim alanının temel unsurudur. Sürekli gelişim, süreç ve ürünlere yönelik uygun parametrelerin incelenmesine dayanmaktadır (Olçay, 1996; Dubek and Burlikowska, 2005). Süreç kontrolün temelinde, sürecin akışı esnasında parametrelerin değişmesine neden olan sebeplerin değişkenlik göstermesi yatmaktadır (Sol, 2007). Süreç kontrolünde İSK metotları kullanılmaktadır. İSK metotları “tespit etme stratejisi” nin yerini alan “önleme stratejisi” üzerinde yoğunlaşmıştır (Dubek and Burlikowska, 2005).

İSK metotları; tasarım, imalat ve hizmetin her aşamasında istatistiksel ilkelerden ve yöntemlerden faydalanır. Geleneksel yöntemlerden oldukça farklıdır ve toplu üretim yapan şirketlere üretimin iyileştirilmesi açısından oldukça fazla katkıda bulunmuştur. İSK, üretimin ayrılmaz bir parçasıdır. Üretim periyodu için kararlara ihtiyaç duyulduğunda, ürün ya da süreçten elde edilen bilgilere dayanan istatistiksel teknikler kullanılır. İSK’ da, ürünü üretimin sona ermesinin ardından incelemek yerine, üretimin her aşamasında kontrolü yapılır. Eğer bu periyot kontrol altında ise, bir sonraki periyot göz önüne alınır ya da özel nedenler saptanır ve düzeltilir (Motorcu and Güllü, 2006).

İSK metotları, üzerinde çalışılan konu ile ilgili veri toplamak, özetlemek, analiz etmek, yorumlamak, bilinen faktörlere göre çözümler getirmek ve başka verilerle ilişkilerinin tespiti üzerine kalite problemlerine uygulanması olarak tanımlanmaktadır. İSK uygulamalarında süreç sürekli gözlemlenerek problemler tespit edilir, problemin sebepleri belirlenir, çözüm geliştirilir, geliştirilen çözüm uygulanır ve süreç tekrar izlenir. Bu döngü sonsuz olup bu sayede sürecin sürekli iyileştirilmesi sağlanmaktadır (Kapıcı, 2005; Elevli ve Behdioğlu, 2006).

İSK, öncelikle süreci kötü etkileyen özel nedenleri bulup ortadan kaldırmayı hedefler. Zamanla özel nedenlerin birer birer giderilmesiyle, grafiklerin kontrol sınırları daralacaktır. Ayrıca, genel nedenler de ortaya çıkacaktır, çünkü bunlar arasında etkileri büyük olanlar özel neden haline dönüşecektir. Böylece uzun vadede genel nedenler de azalacaktır (Koçer ve Birgören, 2004).

İSK metodu ile üretim ve kalite departmanı mühendisleri arasında etkili bir bilgi akışı sağlandığı gibi, problem kaynaklarının belirlenmesinde çok etkili sonuçlar elde edilebilir (Sol, 2007).

İSK, kaliteli yönetim biliminin bir parçası sayılabilir. Uygulanabilir istatistiksel metotlar, temel olarak üretim süreç yeterliliğinin araştırılmasında kullanılır. İSK metotlarının kullanılabileceği yerler aşağıda verilmiştir (Dubek and Burlikowska, 2005).

- a) Yeni üretim araçlarının kullanılmasında,
- b) Üretim sürecinin hazırlanması ve sunulması sırasında,
- c) Üretim ekipmanında ve teknolojisinde meydana gelen değişimlerden sonra,
- d) Seri üretime geçildikten sonra kullanılır.

İSK metodu, tek başına ölçüm değerlerinden ziyade uygun zaman aralıklarında alınan çeşitli parçalara ait numunelerin ortalama değer yöntemiyle kontrol edilmesine dayanmaktadır. İSK, numune alma planları, deneysel tasarım, varyasyon indirgeme, süreç yeterlilik analizi ve süreç iyileştirme planları gibi diğer teknikleri de içermektedir (Dubek and Burlikowska, 2005).

İSK metotlarının başlıca yararları aşağıda verilmiştir (Can, 2007).

- a) Yüksek düzeyde daha düzgün kalite,
- b) Tamir ve ıskartalardaki azalmalar nedeniyle kayıpların da azalması,
- c) Daha iyi planlama ve denetim nedeniyle daha etkili muayene,
- d) İşçi ve makine - saat başına artan üretim hızı,
- e) Tasarım toleranslarında iyileşme,
- f) Faaliyetler arasında eşgüdüm sağlanması nedeniyle daha ahenkli insan ilişkileridir.

#### **4.1 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL METODLARI**

Üretim işlemini istenilen kalite düzeyi ve kalite devamlılığı altında yürütmek en ekonomik ve güvenilir bir biçimde ancak İSK yöntemleri uygulamakla mümkündür (Tezel, 2006).

İstatistiksel metotlar, kalite kontrol sürecini gerçekleştirmenin uygun ve vazgeçilmez araçlarıdır. Bu metot grubuna uygulamada; organizasyon faaliyet metotlarının yanı sıra kaliteli bir ekibin katılımı ve yeteneklerin etkili bir şekilde kullanımı gibi yöntemler de eklenebilir (Olçayto, 1996; Dubek and Burlikowska, 2005; Elevli ve Behdioğlu, 2006).

#### 4.1.1 Veri Tablosu

Bir ürün, hizmet ya da süreç hakkında toplanan bilgiye veri denir (Küçükçongar, 2002). Bütün kalite sağlama ve geliştirme çalışmaları istatistiksel analizlere dayalıdır. Bu nedenle veri toplama ve analiz hemen her işin ayrılmaz bir parçasını oluşturur (Sol, 2007).

Veriler genel olarak iki gruba ayrılabilir. Bunlar (Akın ve Öztürk, 2005):

- a) Niceliksel (Ölçülebilir) veriler; karşılığı bir alet yardımıyla ölçülmüş bir rakam olan sayısal veriler. Kalınlık, uzunluk vs. gibi ölçülebilir değerlerdir.
- b) Niteliksel (Ölçülemeyen) veriler; belirli bir özelliğin duyu organlarımızla muayenesi veya sayılması ile toplanabilen verilerdir. Kusurlu ürün oranı gibi.

Veri tablosu, örnek gözlemlerden veri toplayarak model çıkarma veya problem çözme gibi işlemler için bir başlama noktasıdır. Üretim sırasında hangi olayların ne sıklıkta meydana geldiğini gösteren, kullanımı ve anlaşılması basit bir formdur (Bircan ve Gedik, 2003; Kaya ve Ağa, 2003). Belirli bir zaman aralığında verilerin kaydı ve düzenlenmesi için kullanılır (Kaya ve Ağa, 2003). Frekans dağılımı da denilen basit bir veri gruplama yöntemidir. Dağınık bir biçimde toplanan verilerden ilk bakışta daha fazla bilgi elde etmek üzere verilerin, alt ve üst sınırları belirlenen sınıflara ayrılması ve bu sınıflar arasında kalan değerlerin sayması ve verilerin dağılımı hakkında bilgi sağlama esasına dayanır (Tezel, 2006). Veri tablosu vasıtasıyla hata veya sorunların cinsi ve ortaya çıkma sıklıkları belirlenebilir (Kapıcı, 2005). Hangi verilerin, nereden, ne zaman, kim tarafından hangi amaçlar kullanılarak toplanacağını, hangi özel standart ve önlemlerin uygulanacağını göstermektedir. Bir işletmede, üretim süreci dağıtım kontrolleri, hatalı parça kontrolleri, hatalı veri kontrolleri, hataların nedenlerinin kontrollü, çek - up teyit kontrolü gibi çeşitli kullanım alanları vardır (Sol, 2007).

Veriler elde edilmiş şekillerine göre aşağıdaki gibi sıralanabilir (Akın ve Öztürk, 2005).

- a) Ölçerek; uzunluk, sıcaklık gibi.
- b) Sayarak; üretilen ampul adedi.
- c) Sıralayarak; torna makinesi birinci, ikinci vs.
- d) Okuyarak; notlar, raporlar vs.

Veriler toplanırken aşağıda verilen hususlar dikkate alınmalıdır (Kapıcı, 2005).

- a) Veriler incelenen durumu gerçekçi bir tarzda yansıtmalıdır. Tarafsız ve yorumsuz olmalıdır. Verilerin yeterli olup olmadığı incelenmelidir.
- b) Verilerin nerede, ne zaman ve kim tarafından toplandığı bilinmelidir.
- c) Veriler toplandığı yere göre sınıflanmalıdır (makinelere, ürünler, ham madde, vs.).
- d) Verilerin ne ile ilgili olduklarının belirlenmesi gerekmektedir.
- e) Kullanılan l aletleri, ölçü birimleri, parti miktarları, veri miktarları belirtilmelidir.
- f) Veri toplamada kullandığımız ölçüm aletleri ve yöntemleri güvenilir olmalıdır.
- g) rnekleme sayısı, örnek alma planlarından faydalanılarak belirlenmelidir.
- h) rnek alırken tarafsız, objektif davranmaya zen gösterilmelidir.
- i) Bununla beraber alınan örnek grubunun genel durumu temsil etmesi de sağlanmalıdır.

Veriler anlamlı bilgilere dönüştürülürken üç aşamadan geçerler. Bu aşamalar (Kapıcı, 2005):

- a) Girdi aşaması; verilerin toplandığı ve kaydedildiği aşamadır.
- b) İşlem aşaması; verilerin sınıflandığı, ayıklandığı, sıralandığı ve gerekli hesaplamaların yapıldığı aşamadır.
- c) ıktı aşaması; verilerin düzenlendiği, dönüştürüldüğü, raporlandığı aşamadır.

Çizelge 4.1’de Niteliksel veri toplamak için kullanılan Veri Tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.1 Niteliksel veriler için veri tablosu.

Hata Türü	Cetele	Hatalı Adet
Boyama	11111	5
Pres Hatası	111111	6
Hammadde	111	3
Pişirme	111111	6
Sırlama	1111111111	11
Toplam Hata		31

### 4.1.2 Histogram

Histogramlar, ölçüm değerlerinin dağılımını gösteren ve bu dağılımın standart limitlere göre durumunu belirten bir çubuk grafik kartlarıdır. Genellikle bir olayın oluş sıklığını göstermek, belirlenen zaman aralığında tanımlanan problemin daha sık meydana gelip gelmeyeceğini hesaplamak ve ortaya çıkan dağılım şeklini bilinen bir dağılım ile karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Her histogram sadece bir tek özelliği ölçmektedir (Akın ve Öztürk, 2005). Verilen herhangi bir değer görölme sıklığı çubuğun uzunluğu ile gösterildiği için frekans dağılımı olarak da adlandırılır (Sol, 2007).

Histogram çizimi için kullanılan aşamalar aşağıda verilmiştir (Köksal, 2001; Işığışık, 2004).

- a) Veriler elde edilir. Toplam veri sayısı belirlenir (veri 50-100).
- b) Veriler artan sırada dizilir.
- c) En küçük veri en büyük veriden çıkarılarak, elde edilen verilerin yayıldığı aralığın değeri hesaplanır.

$$\text{Aralık Değeri (R)} = X_{\text{maksimum}} - X_{\text{minimum}} \quad (4.1)$$

- d) Histogramda kullanılacak sütun sayısı belirlenir. En az 6, en fazla 20 sütun tavsiye edilir. Aralık değeri sütun sayısına bölerek her sütunun genişliği hesaplanır.

$$\text{Sütun Sayısı (C)} = \sqrt{\text{VeriSayısı}} \quad (4.2)$$

$$\text{Sütun Genişliği (S)} = \frac{R}{C} \quad (4.3)$$

- e) Sütun genişliği sınırları belirlenir. Bunun için ölçümlerde bulunan en küçük değer listenin başına yazılır. Bu değere sütun genişliği (S) ilave edilir. Birinci çubuğun alt ve üst değerleri bulunur. Aynı şekilde tüm çubukların alt ve üst sınırları bulunur. Çizelge 4.2 her bir çubuğun üst sınırı, alt sınırı ve sütun genişliği verilmiştir.



Çizelge 4.2 Her bir çubuğun üst, alt ve sütun genişliği sınırlarının hesabı.

Alt Sınır	Üst Sınır
$X_{\min}$	$X_{\min} + S$
$X_{\min} + S$	$X_{\min} + 2S$
$X_{\min} + 2S$	$X_{\min} + 3S$
$X_{\min} + 3S$	$X_{\min} + 4S$
.....	.....
.....	.....
.....	$\approx X_{\max}$

- f) Yatay x eksenine üzerine veri sütunları yazılır. Frekans ölçeği (sayılar veya yüzdeler) dikey y eksenine üzerine yazılır.
- g) Her bir sütun için, o sütuna dahil olan verilerin toplam sayısı veya bu sayının toplam veri sayısına yüzde oranı ile dikey bir çubuk çizilir.
- h) Her eksen dikkatlice isimlendirilir, histograma isim verilir, verilerin ait olduğu dönem yazılır.

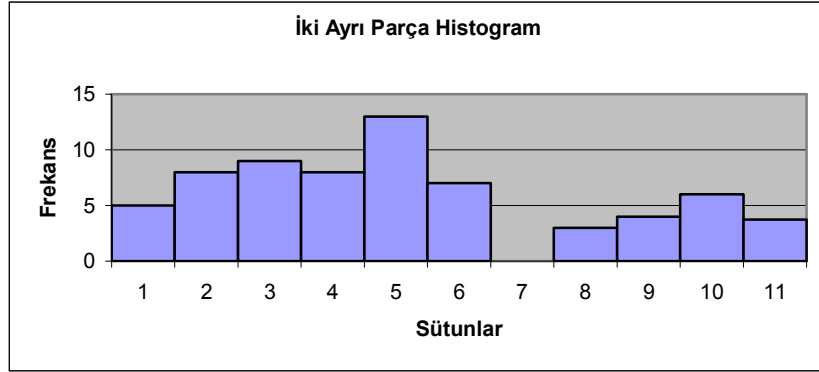
Histogramın incelenmesinde aşağıdaki sorular sorulmalıdır (Köksal, 2001).

- a) Mevcut performans nedir?
- b) Performans ortalama değer etrafında nasıl bir değişkenlik gösteriyor?
- c) Bu değişkenliğin sonuçları nelerdir?
- d) Bu değişkenliğin yapısı, bize sorunun boyutu ve kaynağı hakkında ne tür ipuçları veriyor?
- e) Buna göre şimdi neyi araştırmalıyız?
- f) Hangi teorileri denemeliyiz?

Histogramlar görünüş şekillerine bağlı olarak yorumlanabilirler. Histogramın şekline bakarak ana kütle hakkında yararlı bilgiler elde etmek mümkündür. Karşılaşılan histogram çeşitleri ve yapılabilecek yorumlar aşağıda verilmiştir (Sol, 2007).

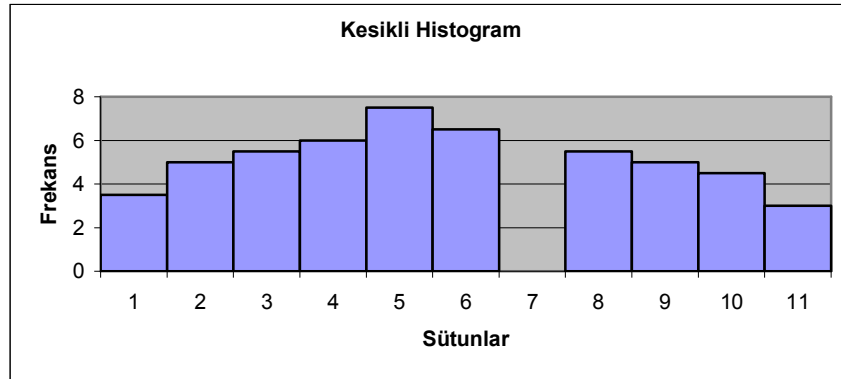
## Histogram Çeşitleri

a) İki ayrı parçaya bölünmüş histogram; ürünlerin iki ayrı makineden gelmesi, değişik kalite kontrol elemanlarının tespit ettiği veriler olması veya iki farklı ölçü aletinin kullanılmasıdır. Şekil 4.1’de iki parçaya bölünmüş histogram gösterilmiştir.



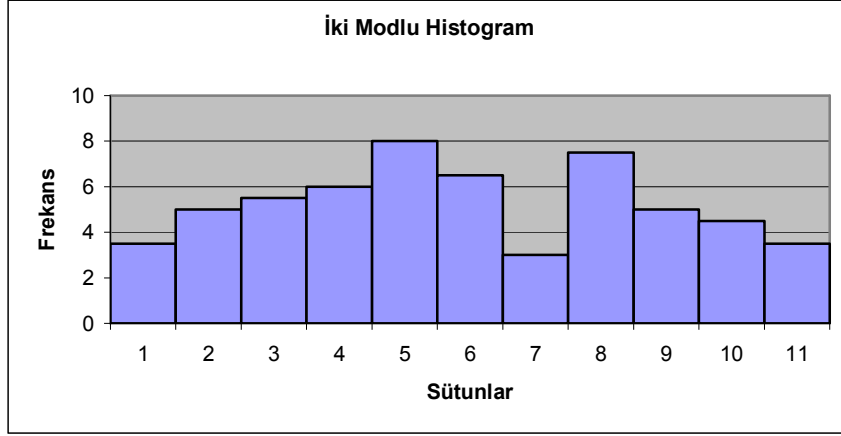
Şekil 4.1 İki parçaya bölünmüş histogram.

b) Kesikli histogram; ölçümler yapılırken veya histogram hazırlanırken hataların yapılmasıdır. Yapılması gereken, sütun adedinin değiştirilmesi, ölçme aletlerinin ve okuma metotlarının kontrol edilmesidir. Şekil 4.2’de kesikli histogram gösterilmiştir.



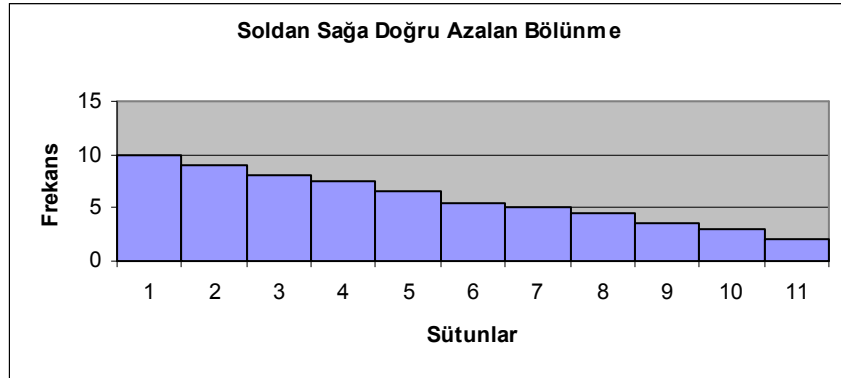
Şekil 4.2 Kesikli histogram.

c) İki modlu histogram; iki ayrı üretim sürecinin kullanılmasıdır. Grubun dağılımı incelenmeli ve her grup için ayrı histogram oluşturulmalıdır. Şekil 4.3’de iki modlu histogram gösterilmiştir.



Şekil 4.3 İki modlu histogram.

d) Soldan sağa doğru azalan histogram; bu durum söz konusu numunelerin muhtemelen rasgele seçilmesinden kaynaklanır. Şekil 4.4’de soldan sağa doğru azalan histogram gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Soldan sağa azalan histogram.

#### 4.1.3 Pareto Analizi

Pareto Analizi, kalite konularında, kalite değişkenliğine yol açan sebeplerin önem derecelerine göre sıralanarak düzeltici faaliyetlerin öncelikle hangi alanlara yöneltilmesi gerektiği konusunda yol gösteren bir tekniktir. İşletmenin tüm faaliyet alanlarını bir dağılıma uyarlayan Pareto, bu dağılımı şu şekilde tanımlamıştır. Bu dağılımda sebeplerin en önemli % 20’si sonuçların % 80’ine, sonra gelen % 30’u sonuçların % 15’ine ve geri kalan % 50’si sonuçların sadece % 5’ine neden olmaktadır (Sol, 2007).

Pareto Analizi, Dr. Vilfredo Pareto tarafından geliştirilmiş olup, bir sonuç elde edilmesinde çeşitli faktörler tarafından oynanan rollerin tespit edilmesi için bir araç olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte “Pareto dağılımı” da olasılık dağılımları içinde yer almaktadır. Yine bu dağılım ve analiz “Maliyet ve hata analizi yapmak” için de kullanılır. Bu analizle değişik parçalar için üretim hatalarının ve direkt işçilik giderlerinin toplam yüzdenin ne kadarını oluşturduğu gösterilebilmektedir.

Pareto Analizi, yönetime işletme körlüğü denilen durumlarda ilgili alanlarda yardımcı olur. Yöneticilere kritik noktaları tespit edip, gerekli müdahaleleri yapmasına imkan veren bir yardımcı araçtır. Bu dağılımdan yararlanarak hangi parçaların maliyet bakımından önemli olduğu tespit edilir ve kontrol çalışmaları daha çok parçalar üzerinde yoğunlaştırılır. Diğer parçalar için kritik parça olmadığı sürece gevşek kontrollerle yetinilebilir. Bu grafiğe kalite grupları tarafından çabaları en verimli alanlara yönlendirmek ve doğru kararlar verebilmek için de başvurulabilir (Tezel, 2006).

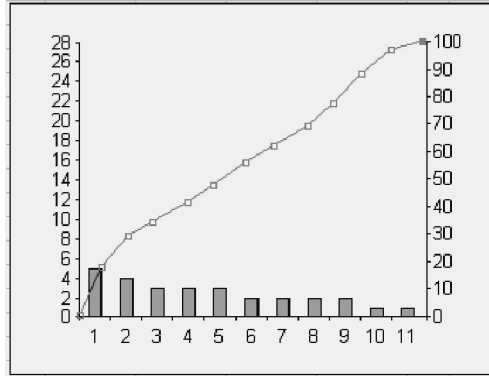
Pareto grafiklerinde üç nokta göze çarpar. Birincisi sol koordinatta bulunan hata sayılarıdır. İkincisi sağ koordinatta bulunan ve kümülatif olarak hesaplanmış olan hata yüzdeleridir. Üçüncüsü ise yatay ekseninde bulunan hata türleridir. Bu grafikler en önemli hatayı veya faktörü açıkça gösterir. Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme programlarında problemin sebepleri tespit edilirken hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu bu teknik vasıtasıyla kolayca tespit edilebilmektedir. Ayrıca hata çeşitlerine değer biçmek veya tanımlamak için de kullanılır. Amaç hatalı parçaların ve hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kalite kontrol elemanlarına yol göstererek emeklerinin en verimli şekilde kullanılması ve isabetli kararlar vermesi için gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır (Kapıcı, 2005).

Pareto Analizi ilgilendiği alanlara göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir (Tütmez, 1999).

- a) Operatör; vardiya, grup, yaş, tecrübe, beceri.
- b) Makine; makineler, ekipmanlar, aletler, organizasyonlar, modeller ve enstrümanlar.
- c) Ham madde; üretici, fabrika, parça, tür.
- d) İşlem yöntemi; koşullar, yöntemler, anlaşmalar.

Pareto grafiklerinin çizilmesinde genel olarak aşağıdaki aşamalar izlenmektedir. Bu aşamalar:

- a) Öncelikle sınıflandırmaya esas faktörler belirlenir.
- b) Pareto analizinin kapsadığı dönem belirtilir (Bircan ve Gedik, 2003).
- c) Hangi verilerin toplanacağına karar verilir.
- d) Veri toplama formu düzenlenir. Veriler forma kaydedilir. Veriler Pareto grafiği sınıflandırılmasına olanak sağlayacak şekilde düzenlenir.
- e) Grafiklerde yer alan her faktör için ilgili frekanslar belirlenir ve azalan büyüklükler grafiğe aktarılır. Düşük frekanslı birden fazla faktör “diğer” başlığı altında toplanabilir.
- f) Faktörlere ilişkin yüzdeler toplanarak, toplam değerlere ilişkin eğri çizilir.
- g) Grafiğe başlık verilir. Veri kaynağı yazılır. Bilgilerin saklanması yönünden önemlidir (Sol, 2007). Şekil 4.5’de verilen pareto grafiğinde boydan giderek kısalan yan yana dizilmiş çubuklar görülmektedir. Boyu en uzun olan çubuk en önemli ve öncelik arz eden problemi ifade eder.
- h) Pareto grafiği yorumlanır.



Şekil 4.5 Pareto grafiği.

Pareto grafiğinin oluşturulmasında, hatalı üretim üzerinde etkili olan faktörlerin belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu amaçla genel olarak modern yönetim tekniklerinden biri olan ve aynı çalışma biriminde bulunan yönetici ve personelin oluşturduğu kalite çemberlerinden yararlanır. Kalite çemberleri üretim süreci içinde çeşitli aşamalarda oluşabilecek hataları en iyi o bölümde çalışan veya o işi doğrudan yapan personelin analiz edebileceği düşüncesiyle kurulan, problemleri değerlendirerek çözüm geliştiren gönüllü küçük gruplardır. Kalite çemberlerinde beyin fırtınası yöntemi uygulanarak problemlerin

tanımlanmasında, sıralanmasında ve çözümler önerilmesinde doğrudan işi yapanlar etkili olmaktadır. İşçilerin veya çalışanların üst yönetimden gelen talimatlara uymak yerine, kendilerinin de katkıda bulunduğu kararları uygulamalarına imkân verir. Bu sayede hem çalışanların motivasyonu sağlanmış hem de kalite tüm çalışanların ortak sorumluluğu haline getirilmiş olmaktadır (Ulutürk, 1999).

Pareto Analizinin yorumlanmasında, değişik sınıflandırmalara gidip farklı Pareto grafikleri denenmelidir. Çünkü oluşan sebepler araştırılıp ayrı bir grafik çizildiğinde belki de hatanın ortadan kaldırılma maliyet ve zamanın çok fazla olduğu, ikinci önemli hatanın çözümünün ise daha az maliyette ve daha kısa olduğu görülebilir (Özcan, 2001).

### **4.1.3 Gruplandırma**

Gruplandırma, tek başına bir analiz metodu olmayıp, her metot için kullanılabilen basit ve genel bir yaklaşımdır. Gruplandırma, kalite kontrol çemberlerinin kullandığı araçların tümünde veri toplama, örnekleme, Pareto Analizi, Histogram, Sebep-Sonuç Grafiği, Serpilme Grafiği, Kontrol Grafikleri vb de yaygın olarak kullanılmaktadır (Kapıcı, 2005). Süreç kontrolünde değişkenliklerin sebebinin bulunmasında, ortaya çıkarılmasında toplanan verinin gruplandırılması kritik rol oynamaktadır. Gruplandırma, verinin değişkenlik kaynaklarına göre gruplara ayrılarak kaydedilmesi ve işlenmesidir (Kaya ve Ağa, 2003). Gruplandırmayı kısmen tanımlayan diğer sözcükler; parçalama, bölme, düzenleme, ayırma, sınıflandırma, kataloglama, tasnifleme ve karakterize etmedir.

Gruplandırmada veriler, başlıca aşağıda verildiği şekilde gruplara ayrılabilir (Tezel, 2006).

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

### **4.1.5 Sebep - Sonuç Grafiği**

Sebep - sonuç grafikleri problem çözme ve süreç geliştirmede çalışan takımların en çok kullandıkları kalite araçlarından birisidir. Süreçteki her adım için veya her problem için genel sebeplerden yola çıkılarak en ufak detaya inilir ve sebebin tespiti için temel bilginin

ortaya çıkarılmasına olanak verilir. Sebep – sonuç grafiği, hangi sebeplerin hangi sonucu meydana getirdiğini açıklamada etkili bir araçtır (Bircan ve Gedik, 2003).

İlk defa 1943 yılında Tokyo Üniversitesinden Prof. Kaoru Ishikawa tarafından kullanılmıştır (Tezel, 2006). Kaoru Ishikawa'nın adıyla Ishikawa diyagramı olarak da adlandırılır (Bircan ve Gedik, 2003). Japon endüstrisinde kalite kontrol faaliyetleri içerisinde vazgeçilmez bir araç durumuna gelmiş, daha sonra tüm dünyaya, sadece kalite uygulamalarında değil, başta problem çözme teknikleri olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır (Tezel, 2006).

Sebep - sonuç grafikleri diğer araçlar gibi takım ruhunun gelişmesine yardımcı olur. Sebep – Sonuç Grafiğinin oluşturulması için geniş katılımlı toplantıların yapılması ve personelin fikirlerinin alınması gerekmektedir. Veri toplama, verileri sınıflama, verileri geniş bir perspektifte değerlendirebilme konusunda yönlendiricidir. Grafiğin etkili bir yönetim aracı olarak kullanılabilmesi sebep - sonuç ilişkisinin doğru kurulmasına bağlıdır (Kapıcı, 2005).

Böyle bir grafik çizimi için konu ile ilgili kişilerin bir araya geldiği bir beyin fırtınası toplantısı düzenlenmesi yararlıdır (Olçayto, 1996). Beyin fırtınası, ortak sorunlar, toplanacak veriler, çözüm önerileri, uygulama önerileri ve karşılaşılabilecek engeller gibi konularda bir fikir listesi oluşturmak amacıyla yapılır. Beyin fırtınasında uyulması gereken kurallar aşağıda verilmiştir (Köksal, 2001).

- a) Beyin fırtınasının konusu, tüm üyelere açık bir dille anlatılır.
- b) Herkese düşünmek için bir iki dakika süre verilir.
- c) Herkese sıra ile hiçbir düşünce atlanmadan, açıklama esnasında tartışma ya da kritik yapılmadan düşüncesi sorulur
- d) Takımın bütün üyeleri katılıma teşvik edilir.
- e) Sonuç, beyin fırtınası sırasında değil, bitiminde tartışılır.
- f) Bütün fikirler takım üyelerinin hepsinin görebileceği bir yere yazılır.
- g) Bütün fikirleri içeren bir liste hazırlanır ve fikirler teker teker numaralandırılır.
- h) Birbirine benzer fikirler, grubun da onayı ile birleştirilir.
- i) Bu durumda tekrar numaralandırma yapılır.
- j) Her üye bir kâğıda, listedeki fikirlerin göreceli olarak daha önemli olduğunu düşündüğü üçte birini yazar.
- k) Üyeler seçimlerini tamamladıktan sonra, listedeki her fikir için oy kullanırlar.

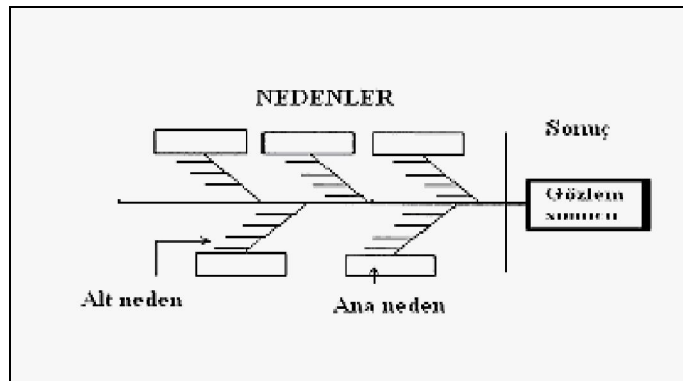
- l) Üye sayısı 5 veya daha az ise 1 ya da 2 oy almış fikirler listeden çıkarılır. Eğer üye sayısı 6 ile 15 arası ise, bu sayı 3'e, 15'ten fazla ise 4 oya çıkar. Bu durumda 4 ya da daha az oy almış fikirler listeden çıkarılır.
- m) Beyin fırtınası listede sadece birkaç fikir kalıncaya kadar sürdürülür. Sonuç olarak en önemli madde (ya da maddeler) belirlenir.

Sebe - sonuç grafiğinin yararları aşağıda verildiği gibi sıralanabilir (Can, 2007).

- a) Yöntem, sorunların üzerine giden üst yönetimi geliştirir.
- b) Grafiğin hazırlanması iletişimi güçlendirir. Herkesin dikkatini bir noktaya toplanmasını sağlar.
- c) Başlı başına eğitici bir çalışmadır, herkesin bilgisini geliştirir.
- d) Verilerin toplanmasını ve konuya bilimsel biçimde yaklaşmayı sağlar.
- e) Konuya hâkimiyeti sınamak için eşsiz bir tekniktir.
- f) Tüm sorunlara uygulanabilir.

Sebe - sonuç grafiklerinin çizilmesinde genel olarak aşağıdaki aşamalar izlenmektedir. Bu aşamalar:

- a) Problemi gösteren bir ok (ana kılıçık) çizilir (Köksal, 2001).
- b) Grafiğin sol tarafında "Nedenler" , sağ tarafında da "Sonuçlar" yer alır. Şekil 4.6'da sebep-sonuç grafiği görülmektedir.



Şekil 4.6 Sebe-sonuç grafiği (Can 2007).

- c) Bu kılıçığın üzerinde, problemin olası ana sebepleri oklarla gösterilir. Bir üretim sürecinde en çok kullanılan ana sebep kategorileri; makine (ekipman), metot, malzeme, personel, çevre ve insandır (Köksal, 2001).



- d) Her bir ana faktör ile ilgili alt etmenler oklar ile gösterilir (Köksal, 2001). Tipik olarak sorun bir kalite özelliğidir. Örneğin; boyut, sertlik, dayanıklılık, özellikler veya fire oranı, hatalı ürün oranı gibi sorunlardır. Nedenler ise kimyasal yapı, imalat yöntemi, kullanılan ölçüm cihazı veya elemanın iş bilgisi vb gibidir (Sol, 2007; Can, 2007)

#### 4.1.6 Serpilme Grafiği

Sebeup - sonuç arasındaki ilişkinin (korelasyon) kurulmasında değişkenler arasındaki bağıntının doğru biçimde ortaya konabilmesi çok önemlidir. Zira bir süreci kontrol ederken hangi parametreyle ne şekilde oynamak gerektiğini bilmek gerekir. Aksi takdirde durumu daha da kötüleştirip işin içinden çıkılmaz hale getirmek kaçınılmaz olur. Genel soru şudur: ne neyi nasıl etkiler? İşte bu sorunun cevabını vermek için serpilme grafikleri kullanılır (Akın ve ztrk, 2005).

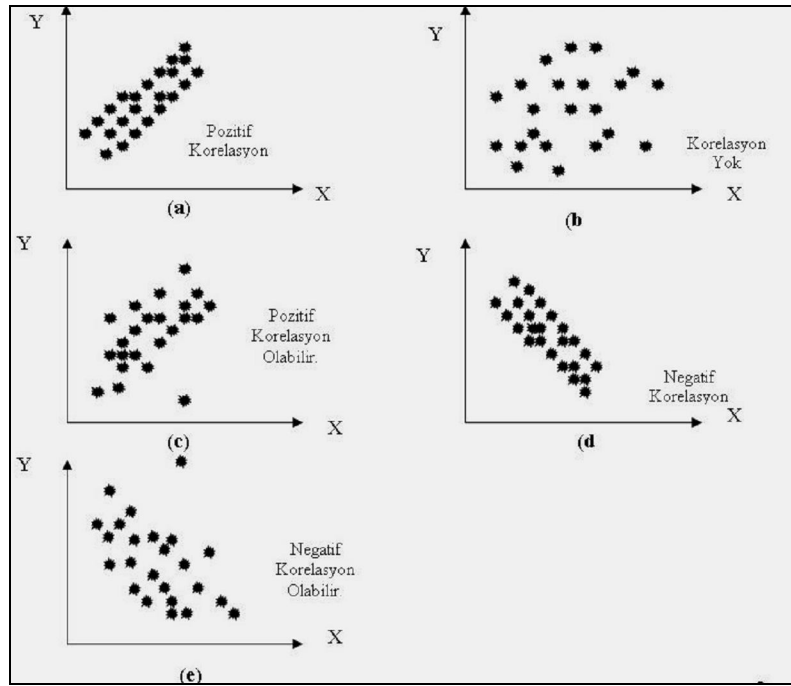
Belirli bir süreçte birbiriyle ilişkili oldukları düşünülen iki veri seti, serpilme grafiği üzerinde incelenir (Kaya ve Ağa, 2003). İncelemede olası sebep / sonuç ilişkilerini araştırmaya yardımcı olur (Köksal, 2001). Örneğin, makine titreşiminin yüzey dalgalanmalarına etkisi veya basınc düşmesinin parçaların dayanıklılık performansına etkisi gibi (Can, 2007).

Kalite iyileştirmesinde kullanılan serpilme grafiklerinin yararları aşağıda verilmiştir (Akın ve ztrk, 2005).

- a) Bir kalite karakteriştiği ile ona etki eden faktör arasındaki,
- b) Birbirine bağımlı iki kalite karakteriştiği arasındaki,
- c) Bir kalite karakteriştiğini etkileyen birbiriyle ilişkili iki faktör arasındaki bağıntıyı bulmaya yarar.

X ve Y olarak gösterilen iki istatistik serinin artış ve azalışları birbirini etkiliyorsa, bu iki seri verileri arasında bir ilişki var demektir. İekli ilişkiye neden olduğu düşünülen değişken X eksenine, bu değişkene bağlı olarak değiştiği sanılan ve sonuç olarak değerlendirilen değişken de Y eksenine yerleştirilmelidir. X değerine bağlı olarak ortaya çıkan Y değerlerinin keşiştiği yerlere birer nokta konularak, oluşan nokta demeti incelenir ve aralarında bir ilişki olup olmadığı hakkında yorum yapılır (Tezel, 2006). Noktalar

bulutunun eğimi negatif ya da pozitif ilişkiyi gösterir (Kapıcı, 2005). Şekil 4.7’de serpilme grafik çeşitleri gösterilmiştir (Sol, 2007).



Şekil 4.7 Serpilme grafik çeşitleri a. Pozitif korelasyon, b. Korelasyon yok, c. Pozitif korelasyon olabilir, d. Negatif korelasyon, e. Negatif korelasyon olabilir.

#### 4.1.7 Kontrol Grafikleri

Doğada ve insan etkisi ile meydana gelen tüm olaylarda değişkenlik normal ve kaçınılmaz bir sonuçtur. İmalatta bu gerçek göz önüne alınarak, tasarım aşamasında kalite toleranslar limitleri belirli kurallara belirlenir. Boyut, şekil, performans gibi toleransların önceden belirlenen limitler arasında değişme göstermesi peşinen normal kabul edilir. Eğer değişmeler limitler dışına taşarsa, nedenler araştırılır ve sürecin tekrar kontrol altına girmesini sağlayacak düzeltici önlemler alınır. Temel amaç sürecin ekonomik olmak kaydı ile kontrol altında tutulmasını sağlamaktır. Burada ekonomiklik, kontrolün gerçekleştirilmesi için harcanan çabalarla sağlanan yararlar arasında bir dengenin bulunması anlamına gelmektedir. Bir sürecin istatistik yöntemlerle ekonomik ve güvenilir biçimde kontrol altında tutulmasında kullanılan en etkin araç kontrol grafikleridir (Özel ve Birgören, 2005; Sol, 2007). Üretimden belirli ve eşit zaman aralıklarında alınan örneklerden elde edilen ölçüm değerlerinin zaman içerisindeki değişimlerinin gösterildiği grafiklere kontrol grafiği adı verilir (Bircan ve Gedik, 2003).

Değişkenliğe yol açan başlıca beş kaynak aşağıda şekilde özetlenebilir (Akın ve Öztürk, 2005).

- a) Operatör (kullanım talimatına uyma durumu, yöntem, beceri, ruhsal durum vb.).
- b) Muayene (hatalı muayene ekipmanının kullanılması vb.).
- c) Çevre şartları (sıcaklık, nem vb.).
- d) Malzemeler (yapısı, ölçüsü vb.).
- e) Süreçler (kullanılan aletin hassasiyetini yitirmesi, makine çalışma pozisyonunun bozulması vb.).

Shewart'a göre de bir süreçte değişmeye neden olabilecek altı etken vardır. Bunlar; insan, makine, metot, ölçme, ham madde ve çevredir. Bu değişkenlik nedenleri, genel ve özel nedenler olarak incelenebilir (Küçükçongar, 2002).

Genel nedenler (doğal nedenler), sürecin içinde bulunan ve nedeni tespit edilemeyen kaynaklardan oluşan farklılıklardır. Genellikle küçük olan bu değişkenlik zorunlu olarak işletmeci tarafından kabul edilmektedir.

Özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik, ölçümlerde büyük değişkenliğe yol açabilmekte ve üretim sürecinde önemli aksamalar bulunduğuna işaret etmektedir. Örneğin; makinelerde yıpranma, ham maddede değişme, ayar bozukluğu veya yeni bir işçi bu tür değişkenliği ortaya çıkarabilir. Bu tür değişkenliğin nedeni araştırılarak gerekli önlemlerin alınması aksamayı ortadan kaldıracak ve geriye sadece genel nedenlere bağlı ve boyutları ölçülebilen değişkenlik kalacaktır. Kalite özelliklerinde değişkenliklerin genel nedenlerden mi, yoksa bir takım tespit edilebilen özel nedenlerden mi kaynaklandığı kontrol grafikleri yardımı ile anlaşılmaktadır (Kapıcı, 2005).

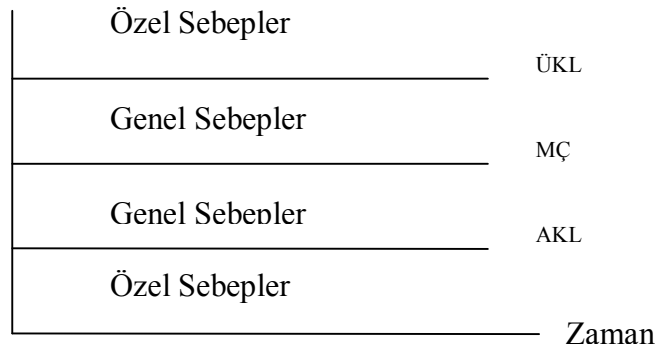
Sadece genel etkenlerden kaynaklanan değişmeler olması durumunda süreç istatistiksel anlamda kontrol altında, özel etkenlerden kaynaklanan değişmeler olması durumunda ise süreç kontrol dışındadır.

Kontrol grafikleri, bir sorunun varlığını gösterir, sorun hakkında ipuçları verir ancak sorunun nedenini göstermemektedir (Tezel, 2006). Sürecin nasıl yürüdüğünü gösterir. Bu sayede süreç performansı, müşteri beklentileri ve istekleri karşılama yetenekleri kontrol edilerek, gerekirse süreç geliştirilerek iyileştirilir (Bircan ve Gedik, 2003). Süreç kararlılığını değerlendirmek, sürecin iyileştiğini doğrulamak, arzu edilen niteliklerde ürün

veya hizmet üretebilmek için sürecin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır (Akın ve Öztürk, 2005). Kontrol grafiği kontrol niteliği ölçülebilir durumda olduğunda ve normal bir gidişata sahipse uygulanabilir. Uygulama kolaylığı ve küçük numuneler grubu olması avantajdır. Her bir kontrol niteliğine ait hatalar kendi grafiklerini meydana getirmelidir. Farklı kontrol grafikleri, uygulanacak olan veri türüne bağlıdır (Dubek and Burlikowska, 2005). İlk uygulamaları 1924 yılında Shewhart tarafından başlatılmıştır. Grafiklere bu nedenle “Shewart Grafiği” de denilir (Tezel, 2006).

Kontrol grafikleri tasarlanırken üç unsur göz önünde bulundurulur. Bunlar alt grup büyüklüğü, örnekleme sıklığı ve kontrol sınırlarıdır. Kontrol sınırları genellikle süreç standart sapma değerinin belirli bir katsayı ile çarpılıp ortalamaya eklenmesiyle hesaplanmaktadır. İSK grafiklerini geliştiren Shewhart, bu katsayının 3 olmasını önermiştir, bu öneri günümüzde çok yaygın olarak kullanılmaktadır (Özel ve Birgören, 2005).

Bir kontrol grafiği esas olarak üç çizgi ihtiva eder. Bunlar: “Merkez Çizgisi”, “Üst Kontrol Limiti” ve “Alt Kontrol Limiti” dir (Bircan ve Gedik, 2003). Şekil 4.8’de Kontrol grafiklerinde kullanılan çizgiler görülmektedir (Tezel, 2006).



Şekil 4.8 Kontrol grafiklerinde kullanılan çizgiler.

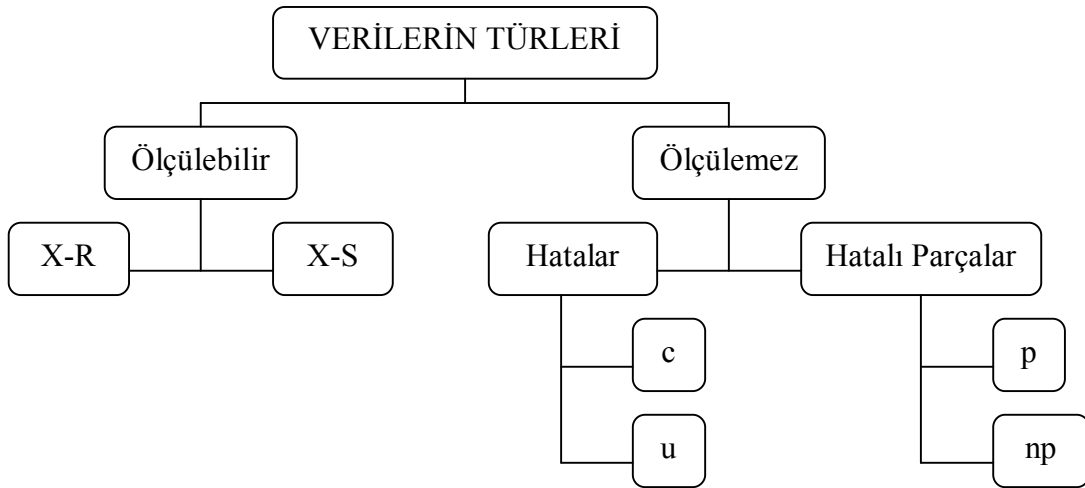
İSK grafiklerinde, bir üründe kaliteyi belirleyici olan çap, boy, açı, ağırlık, şekil, performans gibi değişkenler çizelgelenir. İSK grafiklerinde kalite, bu tür kalite değişkenlerinin toleranslara uyumluluğu şeklinde tanımlanır. Örneğin bir borunun iç çapı, bu çap için belirlenen hedef değere ne kadar yakınsa kalite o kadar yüksek olacaktır. İstatistiksel bir ifadeyle, değişkenliğin (varyasyonun) azaltılmasıyla kalite artar (Koçer ve Birgören, 2004).

Literatürde geliştirilmiş birçok İSK yöntemi vardır ve bunların hepsinin temel çalışma mantığı kontrol bölgesi ve kontrol - dışı sinyaline dayalıdır. Kontrol - dışı sinyallerin

nedenini süreç uzmanı olan operatör ya da mühendis belirleyebilir. Bu kişiler grafikte sinyale kadar ki davranışı doğru yorumlayabilirlerse ne tip bir hatanın sinyale yol açtığını tahmin edebilirler. Etkin hata teşhisi için süreç uzmanlığının yanı sıra İSK uygulamalarında tecrübe ve istatistik bilgisi de gerekmektedir. Kontrol dışı sinyallerin yorumlanmasını kolaylaştırmak için yapılan çalışmalar, kontrol dışı sinyaller ile bunlara yol açan hata kaynakları arasındaki ilişkiyi sistematik bir biçimde ortaya koymayı hedefler. Böylece operatör ve mühendislerin sorumluluğu bir ölçüde hafifleyecektir (Koçer ve Birgören, 2004).

#### 4.1.7.1 Kontrol Grafiklerinin Seçilmesi

Kontrol grafikleri iki veri türüne göre niceliksel (ölçülebilir) kontrol grafikleri ve niteliksel (ölçülemez) kontrol grafikleri olmak üzere iki başlık altında incelenir. Şekil 4.9’da kontrol grafik çeşitleri gösterilmiştir (Kapıcı, 2005).



Şekil 4.9 Kontrol grafik çeşitleri.

a) Ölçülebilir karakteristikler için kontrol grafikleri; ağırlık, uzunluk, sertlik gibi belli birimlerle ölçülüp değerlendirilebilen özelliklere sahip verilerden oluşturulan grafiklerdir (Sol, 2007).

Kalite özelliğinin ortalama değeri aynı zamanda hedeflenen değer olarak ifade edilen merkez çizgi ile temsil edilir. Eğer ilgilenilen kalite özelliği ölçülebilir özellikte ise, bu durumda merkezi eğilim ölçülerinden aritmetik ortalama, dağılma ölçülerinden ise değişim aralığı ve standart sapma kullanılır. Merkezi eğilim ve dağılma için kontrol grafikleri

“Ölçülebilir Kontrol Grafikleri” olarak adlandırılır (Elevli ve Behdioğlu, 2006). Ölçülebilir kontrol grafik çeşitleri aşağıda verilmiştir (Sol, 2007).

1. X ve R : Ortalama ve Ağırlık Kontrol Grafikleri

2. X ve S : Ortalama ve Standart Sapma Grafikleri

b) Ölçülemez karakteristikler için kontrol grafikleri; incelenmekte olan olayın sonuçlarını “uygun”, “uygun değil” gibi kodlayarak veya hatalarını sayarak analiz yapılan veriler için kullanılır (Sol, 2007).

Kalite özelliğinin sürekli ve sayısal olarak ölçülememesi, yani kusur sayısı gibi belli bir olayın gözlem sayısına dayanması durumunda kullanılan kontrol grafiklerine ise “Ölçülemez Kontrol Grafikleri” adı verilir (Elevli ve Behdioğlu, 2006). Ölçülemez kontrol grafik çeşitleri aşağıda verilmiştir (Sol, 2007).

1. p Grafiği, np Grafiği

2. u Grafiği, c Grafiği

#### **4.1.7.2 Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması**

Kontrol grafiklerinde ölçüm değerlerinin limitler arasında kaldığı durumlarda, genel olarak sürecin genel nedenler etkisinde olduğu şeklinde yorumlanır. Böyle durumlarda çoğu kez süreç kontrol altındadır. Bununla beraber ölçümler limitler dâhilinde dahi olsa noktaların dizilişleri, süreçte yolunda gitmeyen bir şeyler olduğu konusunda bizi uyarabilir. Limitler dışında bulunan noktalar ise süreci etkileyen özel nedenlerin habercisidirler (Kapıcı, 2005).

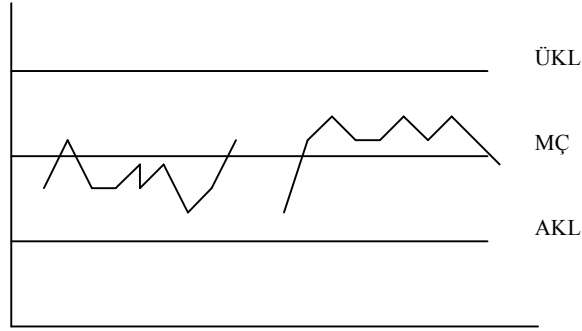
Kontrol grafiklerinde istatistiksel olarak bir sürecin kontrol altında olmadığına işaret eden belirgin durum ve oluşumlar aşağıda verilen iki ana başlıkta toplanır (Sol, 2007).

a) Kontrol limitlerinin (ÜKL, AKL) dışında veya tam üzerindeki noktalar, böyle bir nokta veya birden fazla sayıda nokta söz konusu ise sürecin istenmeyen bir yönde değişmiş olması çok kuvvetle muhtemeldir. Kontrol grafiklerinde standart sapma esasına göre çizilen kontrol limitlerinin dışına bir tek noktanın rastsal nedenlerle düşmesi olasılığı yalnızca %0,027 civarındadır.

b) Kontrol limitleri dışına çıkan bir nokta olmaksızın süreçte bir değişme oldu şüphesini veren diğer durumlar.

Bu durumlar, aşağıda verilen örnek şekillerle beraber açıklanmıştır (Sol, 2007).

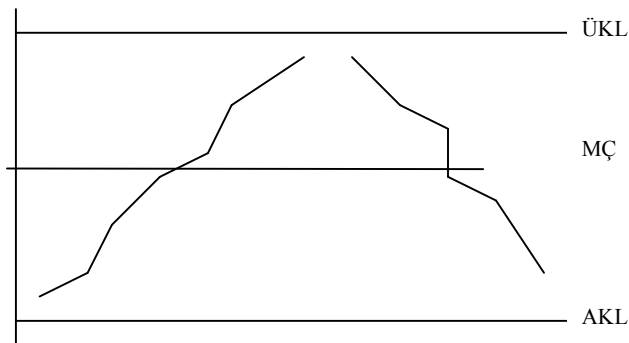
- a) Ardışık noktaların merkez çizgisinin sadece altında veya sadece üstünde seyretmesi; yedi ardışık noktanın merkez çizginin aynı tarafında bulunması, genel olmayan bir nedenin habercisidir. Şekil 4.10’da ardışık noktaların merkez çizgisinin sadece altında veya sadece üstünde seyretmesi görülmektedir.



Şekil 4.10 Ardışık noktaların merkez çizgisinin sadece altında veya sadece üstünde seyretmesi.

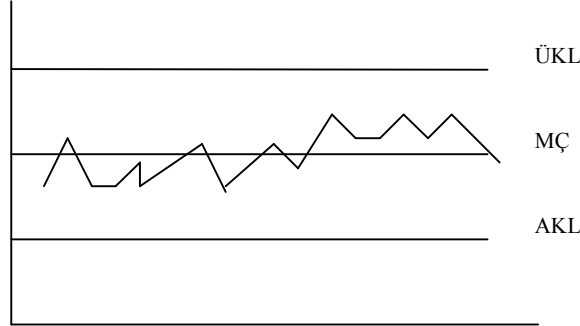
Öte yandan, 11 ardışık noktadan 10’unun, 14 ardışık noktadan 12’sinin, 17 ardışık noktadan 14’ünün, 20 ardışık noktadan 16’sının merkez çizgisinin aynı tarafında bulunması gibi durumlarda da “özel bir neden var” denilebilir (Sol, 2007).

- b) Süreli ve düzenli değişme; kontrol grafiklerinde, bu tür değişmeler sürekli artış veya sürekli azalış şeklinde kendini gösterirler. Ardışık yedi noktanın devamlı olarak yükselen veya düşen değerler olması, süreçte yavaş yavaş özel bir değişikliğin oluştuğunu gösterir. Bu gibi durumlarda sürekli azalma veya sürekli artma gösteren nokta sayısı yediye ulaşmadan önce kontrol limitleri dışına çıkma da gözlemlenir. Şekil 4.11’de süreli ve düzenli değişme görülmektedir.



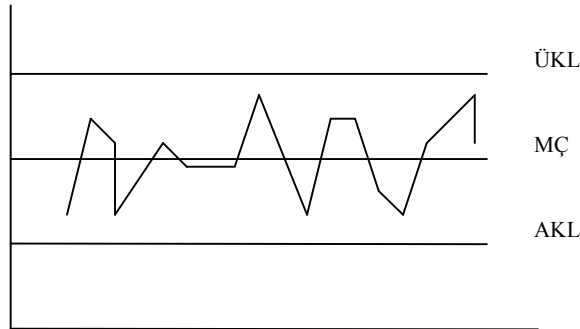
Şekil 4.11 Süreli ve düzenli değişme.

- c) Periyodik değişimler; grafiğin muntazaman aralıklarla merkez çizgisi etrafında oynaması, periyodik olarak sürece etki eden özel nedenler sebebiyle oluşur. Şekil 4.12’de periyodik değişimler görölmektedir.



Şekil 4.12 Periyodik değişimler.

- d) Ortalama değer veya limit değerlere yakın bölgelerde yığılmalar; ortalama değer etrafında yığılma olup olmadığının kontrolü için üst kontrol limiti ile merkez çizgisi arasındaki bölgeyi iki eşit parçaya ayıran bir çizgi çizilir. Aynı şekilde alt kontrol limiti ile merkez çizgi arasındaki bölge de bir çizgi ile iki eşit parçaya ayrılır. Noktaların çoğunun bu iki çizgi arasında kalması, özel bir nedenin varlığına işaret eder. Şekil 4.13’de ortalama değer veya limit değerlere yakın bölgelerde yığılmalar görölmektedir.

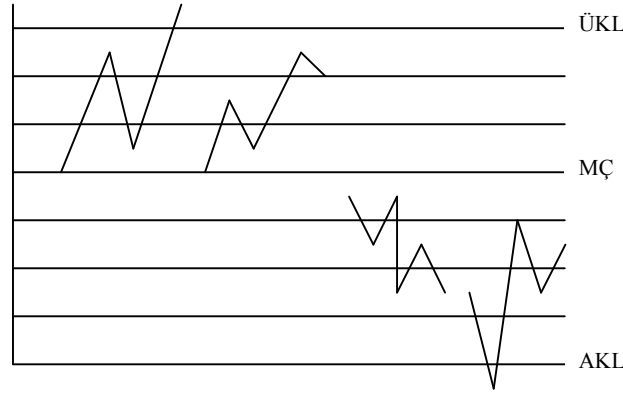


Şekil 4.13 Ortalama değer veya limit değerlere yakın bölgelerde yığılmalar.

Limit değerlere yakın bölgelerde yığılmaların kontrolü için merkez çizgisinden uzaklıkta bulunan uyarı limitleri (merkez çizgisinin, merkez çizgisi ile kontrol limitleri arasındaki uzaklığın 2/3’ü kadar uzağına) çizilir (Sol, 2007).



e) Ani sıçrayışlar; genel olmayan bir nedenin habercisidir. Süreçte yavaş yavaş özel bir değişikliğin oluştuğunu gösterir. Şekil 4.14’de ani sıçrayışlar görülmektedir.



Şekil 4.14 Ani sıçrayışlar.

#### 4.1.7.3 Ölçülebilir Veriler İçin Kontrol Grafikleri

Ölçülebilir veriler için kullanılan kontrol grafik çeşitleri X-R Kontrol Grafiği ve X-S Kontrol Grafiğidir.

##### X-R Kontrol Grafiği

İstatistiksel bir bakış açısıyla İSK grafikleri, doğal değişkenliği ifade eden dağılımdan sapma olabilir düşüncesinin, grafiklenen her yeni noktayla sürekli test edilmesi işlemidir. X, R ve S gibi geleneksel grafiklerde, çizelgelenen bir noktanın kontrol limitlerinin dışına çıkmasıyla süreç kontrol dışıdır. Grafiklenen noktaların olası kontrol - dışı durumlarını belirlemek amacıyla incelenmesi, keşfe yönelik veri analizidir; bu inceleme, her türlü anormal izi saptamayı ve bunlarla hata kaynakları arasında bağlantı kurmayı hedefler. Örneğin eğilimler, makine aksamının giderek yıpranması ya da bir kimyasal süreçte karışım bileşenlerinin farklılaşması gibi durumlarda sıkça ortaya çıkar (Koçer ve Birgören, 2004).

Kontrol grafiklerinin şekli, kalite sürecinde tek bir istatistik ölçüm için örneğin ortalama değerler ile araştırılmasına veya iki ya da daha fazla istatistik ölçüm için örneğin ortalama değerler (X) ve değişim aralığı değerleri (R) ile eş zamanlı olarak araştırılmasına uyarlanabilir. Rakamsal tahmine dayanan özelliklere sahip X-R kontrol grafiklerinden gerekli istatistik parametreleri nitelendirmede hızı ve basitliği sayesinde en iyi şekilde

faaydalanılabılır. Verilere göre, X-R kontrol grafiği kalite için sorumluluk dağılımlını sağlamaktadır. X kontrol grafiği, direkt operatörlerin davranış ve yeteneklerinin sürece ait ortalama değerde meydana getirdiği değişimdir. R kontrol grafiği zaman içinde örneklem aralıklarını gösterir. Yönetim ve organizasyon verimliliğinin bir görüntüsüdür (Dubek and Burlikowska, 2005).

X-R kontrol grafiklerinin çizilmesi için gerekli aşamalar aşağıda verilmiştir (Işığıok 2004; Dubek and Burlikowska, 2005).

a) Açıklama amacına yönelik olarak üretim süreç analizi tespit edilir.

1. Ürünü hizmet dışı bırakabilecek sebeplerin türü ve durumu
2. Ürünün teknik niteliklerinde ortaya çıkan kusurların sonucu
3. Metotlar ve kontrol altına alma
4. Verimli süreci etkileyebilecek diğer tüm faktörler

b) Ürünün süreç özelliklerinin seçimi yapılır.

c) Örneklem boyut ve âdeti belirlenir. Genellikle 4 veya 5 tavsiye edilir.

d) Yöntem ve tarihler belirlenir.

e) Kontrol grafiğinin tasarımının yapılır.

1. Ürünün özelliklerine dair ölçümlerin yapılması ve sonuçların kaydedilmesi,
2. Seçilen ürün özellikleri için istatistiksel hesaplamalar (en az 25 numune),

Örneklem hacmi n ile ve alt grup büyüklüğü k ile gösterilmek üzere imalat sırasında rassal olarak seçilen her bir alt grubun ortalaması,

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (4.4)$$

eşitliği ile hesaplanır. Sonra çeşitli zaman dilimlerinde seçilen örneklemelerden elde edilen k tane alt grupların ortalaması,

$$X_{\text{ort}} = \frac{\sum X}{k} \quad (4.5)$$

eşitliği ile hesaplanır.

R (Aralık Değeri): Üretim sürecinden alınan maksimum ve minimum örneklem değerlerinin sonuç ortalamasına göre bulunmaktadır. n adet örneklem alınması halinde örnek genişlikleri, ölçülen değerlerin en büyüğü ile en küçüğü arasındaki fark bulunur. Bu farka R (Range) aralık değeri adı verilir.

$$\text{Aralık Değeri (R)} = X_{\text{maksimum}} - X_{\text{minimum}} \quad (4.6)$$

Çeşitli zaman dilimlerinde rassal olarak seçilen örneklemelerden elde edilen k tane alt grupların değişim aralık değeri ortalaması,

$$R_{\text{ort}} = \frac{\sum R}{k} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n}{k} \quad (4.7)$$

eşitliği ile hesaplanır.

X kontrol grafiğinin kontrol sınırları, R kontrol grafiğinin merkez çizgisi, yani örneklem değişim aralık değeri ortalaması kullanılarak hesaplanmaktadır.

X Kontrol Grafiğinde merkez çizgisi (MÇ) ile alt ve üst kontrol limitleri (AKL, ÜKL) hesaplanırken;

$$\text{Merkez Çizgisi (MÇ)} = X_{\text{ort}} \text{ (Eşitlik 4.5 kullanılır.)}$$

$$\text{Üst Kontrol Sınır Limiti (ÜKL)} = X_{\text{ort}} + A_2 R_{\text{ort}} \quad (4.8)$$

$$\text{Alt Kontrol Sınır Limiti (AKL)} = X_{\text{ort}} - A_2 R_{\text{ort}} \quad (4.9)$$

eşitlikleri kullanılır. Buradaki  $A_2$  değeri n'e göre değişen sabit değerdir.  $A_2$  katsayı EK A'da yer almaktadır.

R Kontrol Grafiği merkez çizgisi (MÇ) ile alt ve üst kontrol limitleri (AKL, ÜKL) hesaplanırken;

$$\text{Merkez Çizgisi (MÇ)} = R_{\text{ort}} \text{ (Eşitlik 4.7 kullanılır.)}$$

$$\text{Üst Kontrol Sınır Limiti (ÜKL)} = R_{\text{ort}} D_4 \quad (4.10)$$

$$\text{Alt Kontrol Sınır Limiti (AKL)} = R_{\text{ort}} D_3 \quad (4.11)$$

eşitlikleri kullanılır. Buradaki  $D_3$  ve  $D_4$  değerleri  $n$ 'e göre değişen sabit değerlerdir.  $D_3$  ve  $D_4$  katsayıları EK A'da yer almaktadır.

3. Merkez çizgisinin (MÇ), alt ve üst kontrol limitlerinin (AKL, ÜKL), X-R kontrol grafiği üzerine getirilmesi,

4. X-R Kontrol grafiğine verilerin işlenmesi.

f) X-R Kontrol grafiğinin yorumu yapılır.

### **X-S Kontrol Grafiği**

X ve R kontrol grafiklerine benzeyen X ve S kontrol grafikleri alt grup ortalamaları ve alt grup standart sapmalarını gösteren iki grafikten oluşur. X kontrol grafiği uzun dönemli, S kontrol grafiği ise kısa dönemli değişkenliği tespit eder. S kontrol grafiğinin alt gruptaki değişkenliği belirleme özelliği, X kontrol grafiğinin daha doğru çalışmasını sağlar. Alt grup örneklem büyüklüğünün 10'dan büyük olduğunda X-S kontrol grafiği kullanılır (Küçükçongar, 2002).

X-S kontrol grafikleri; özellikle çok sayıda örneklem için süreç değişkenliklerini göstermesi açısından daha verimli ve etkilidir. Bununla beraber hesaplanması daha zor ve değişkenliklerin özel nedenlerini ortaya çıkarmakta daha az duyarlıdır (Tezel, 2006).

X-S kontrol grafiklerinin çizilmesi için gerekli aşamalar aşağıda verilmiştir (Küçükçongar, 2002; Işığışok, 2004).

- Alt gruptaki örneklem sayısı ( $n$ ) belirlenir.
- Kontrol sınırlarının hesaplanması için alt grup sayısı ( $k$ ) belirlenir.  $k > 20$  olmalıdır.
- Örneklem hacmi  $n$  ile ve alt grup büyüklüğü  $k$  ile gösterilmek üzere imalat sırasında rassal olarak seçilen her bir alt grubun ortalaması,

$$X = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} \quad (4.12)$$

eşitliği ile hesaplanır.

- d) Çeşitli zaman dilimlerinde seçilen örneklemelerden elde edilen k tane alt grupların ortalaması,

$$X_{\text{ort}} = \frac{\sum X}{k} \quad (4.13)$$

eşitliği ile hesaplanır.

- e) Her alt grubun standart sapması:

$$S = \sqrt{\frac{(X_1 - X)^2 + (X_2 - X)^2 + \dots + (X_n - X)^2}{n - 1}} \quad (4.14)$$

eşitliği ile hesaplanır.

- f) k tane alt grupların standart sapma ortalamaları:

$$S_{\text{ort}} = \frac{\sum S}{k} = \frac{S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n}{k} \quad (4.15)$$

eşitliği ile hesaplanır.

- g) X Kontrol Grafiği merkez çizgi (MÇ) ve alt ve üst kontrol limitleri (AKL, ÜKL) hesaplanırken:

Merkez Çizgisi (MÇ) =  $X_{\text{ort}}$  (Eşitlik 4.13 kullanılır.)

$$\text{Üst Kontrol Sınır Limiti (ÜKL)} = X_{\text{ort}} + A_3 S_{\text{ort}} \quad (4.16)$$

$$\text{Alt Kontrol Sınır Limiti (AKL)} = X_{\text{ort}} - A_3 S_{\text{ort}} \quad (4.17)$$

eşitlikleri kullanılır. Buradaki  $A_3$  değeri n'e göre değişen sabit değerdir.  $A_3$  katsayısı EK A'da yer almaktadır.

S Kontrol Grafiği merkez çizgi (MÇ) ve alt ve üst kontrol limitleri (AKL, ÜKL) hesaplanırken:

Merkez Çizgisi (MÇ) =  $S_{\text{ort}}$  (Eşitlik 4.15 kullanılır.)

$$\text{Üst Kontrol Sınır Limiti (ÜKL)} = S_{\text{ort}} B_4 \quad (4.18)$$

$$\text{Alt Kontrol Sınır Limiti (AKL)} = S_{\text{ort}} B_3 \quad (4.19)$$

eşitlikleri kullanılır. Buradaki  $B_3$  ve  $B_4$  değerleri  $n$ 'e göre değişen sabit değerlerdir.  $B_3$  ve  $B_4$  katsayıları EK A'da yer almaktadır.

h) Ortalamalar  $X$ , açıklıklar  $S$  kontrol grafiğine çizilir.

i) Testler uygulanarak sürecin istatistiksel kontrol altında olup olmadığı belirlenir.  $S$  grafiği kontrol dışındaysa  $X$  grafiği için hesaplanan kontrol sınırları geçersiz olacaktır.

#### 4.1.7.4 Ölçülemez Veriler İçin Kontrol Grafikleri

Ölçülemez verilen için kullanılan kontrol grafik çeşitleri aşağıda verilmiştir.

a)  $p$  Grafiği; endüstride yaygın olarak kullanılan ölçülemez kontrol grafiği  $p$  kontrol grafiğidir (Tezel, 2006). Ölçülemeyen verinin sayılamayan türündeki değişkenliği tespit etmek için kullanılır. Kusurlu oranı olarak da adlandırılır (Küçükçongar, 2002). Ayrıca mamullerin belli özelliklerinin standartlara uygunluğu yerine bu mamullerin kusurlu olup olmadıklarının araştırılması ve süreçten alınan örneklerin ortalamaları yerine kusurlu oranlarının kontrol edilmesi durumunda da  $p$  kontrol grafiği kullanılır (Bircan ve Gedik, 2003).

b)  $np$  Grafiği; sabit sayıda örneklem büyüklüğünde kusurlu oranlar yerine kusurlu (hatalı) sayılarla ilgilenildiğinde  $np$  kontrol grafikleri kullanılır (Bircan ve Gedik, 2003; Tezel, 2006).  $np$  kontrol grafiklerinde örneklem birim sayısı gruptan gruba aynı olmalıdır (Sol, 2007).  $np$  kontrol grafiği şekil olarak  $p$  grafiğinin aynısıdır (Bircan ve Gedik, 2003).

c)  $u$  Grafiği;  $u$  kontrol grafiği örneklem genişliğinin sabit olmadığı durumlarda, her birimdeki uygunsuzluk (ürün başına düşen hata) sayısını kontrol etmek için kullanılır (Tezel, 2006; Sol, 2007).  $u$  kontrol grafikleri de  $c$  kontrol grafikleri gibidir, ancak fırsat alanı alt gruptan alt gruba değiştiği zaman kullanılır. Örneğin bir sayfa kâğıt veya çelik bir levha alanında zamanla meydana gelen değişimler  $u$  grafiği yardımıyla görülebilir (Küçükçongar, 2002).

d) c Grafiği; ölçülemeyen verinin sayılabilir türündeki değişkenliği tespit etmek için kullanılır. Birim başına kusur sayısı olarak da adlandırılabilir. Belirli bir birimde kusur için birçok fırsat varsa, bu birime fırsat alanı denir ve her fırsat alanı bir alt gruptur. c ve u kontrol grafikleri fırsat alanı grafikleridir. c grafikleri sabit bir fırsat alanında görülen belirli bir karakteristiğin kontrol altına alınması için kullanılır. Bu grafiklerin birçok kullanım yeri vardır; aylık iş kazası, veri girişinde saat başına düşen hata sayısı, bir sayfada yapılan yazım hataları gibi (Küçükçongar, 2002). Bu grafik genellikle alınan örneklem büyüklüğünde ürünler üzerinde rastlanan çeşitli (veya tek) kusurların sayısını kontrol etmek için kullanılır (Kapıcı, 2005).

#### **4.1.8 Süreç Yeterlilik Analizi**

Değişkenliğin azaltılmasının yanı sıra tolerans hedeflerinin de sürekli olarak karşılanması istenir. Bunun için, ürün gerekliliklerinin veya toleransların üretim süreci içerisinde sağlanma derecesi sürekli olarak incelenmelidir. Bu inceleme süreç yeterlilik analizi ile yapılabilmektedir (Elevli ve Behdioğlu, 2006). Yeterlilik analizi, parçaların tolerans limitleri içinde ve mühendislik değerlerine uygun olarak üretilebilme yeterliliğini belirlemeye yardımcı olur (Motorcu and Güllü, 2006).

Geliştirme faaliyetleri ve imalat dâhil ürün çevriminin bütün aşamalarında süreç değişkenliğinin sayısallaştırılmasında kullanılır. Bu değişkenliğin ürün gereklilikleri ve toleranslarına göre analiz edilmesinde, ortadan kaldırılmasında veya kabul edilebilir seviyelere çekilmesinde imalat ve geliştirme bölümlerinde çalışanlara önemli yararlar sağlar (Küçükçongar, 2002; Tezel, 2006).

Süreç ortalaması ve standart sapmasını, toleranslar ile ilişkilendirerek sürecin tüketici isteklerine uygun ürün oluşturma yeteneğini değerlendirir. İşletmeler, süreç ortalamasının hedef değer üzerinde ve yayılımın toleranslar içerisinde, mümkün olan en küçük değerde oluşmasını ister. Buna göre sürecin doğal tolerans limitleri, üretim tolerans limitleri içinde yer alıyorsa, süreç toleransları karşılamaktadır. Aksi durumunda doğal tolerans limitleri, üretim toleranslarını kapsarsa süreç toleransları karşılamaz (Elevli ve Behdioğlu, 2006). Yani süreç yeterli değildir.

Süreç yeteneği insan, cihaz, materyal, metot ve çevre faktörlerine bağımlı olup bu faktörlerin değişiminden etkilenmektedir (Küçükçongar, 2002; Tezel, 2006).

Verimliliği belirlemek amacıyla süreç yeterlilik analizinde ( $C_p$  ve  $C_{pk}$ ) indekslerinden faydalanılır. Bu indeksler aşağıda verilmiştir (Motorcu and Güllü, 2006).

a) Süreç yapılabirlik indeksi ( $C_p$ ); sürecin tolerans limitleri içindeki yerini belirlemek amacıyla kullanılır. Süreç boyutlarına ait ortalama değerden ortaya çıkan sapmaların büyüklüğü, üretimin verimlilik düzeyini gösterecektir. Eğer süreç, tolerans değerlerinin merkezinde değilse,  $C_p$  eğilimi hatalı bir şekilde ilerliyor demektir (Motorcu and Güllü, 2006).

b) Süreç performans indeksi ( $C_{pk}$ ); süreç ortalamasının hem yayılımını hem de hedeften ne kadar uzakta olduğunu göstergesidir. Sürecin ne kadar hurda üretme imkânının olduğu bu indeks yardımıyla bulunur (Tütmez, 1999).

$C_p$  ve  $C_{pk}$  indekslerine göre sürecin yeterliliği hakkında karar vermede Çizelge 4.3'de verilen değerler kullanılır (Işığışık, 2004).

Çizelge 4.3  $C_p$  ve  $C_{pk}$  İndekslerinin karar noktaları.

$C_p > 1,33$	Yeterli (İyi) - Süreç toleransları karşılar.
$1 < C_p < 1,33$	Kabul edilebilir. - Süreç toleransları karşılamaz. Süreç kontrolü sürdürülmelidir.
$C_p < 1$	Yetersiz (Kötü) - Süreç yetersiz. İyileştirmeler yapılmalıdır.
$C_{pk} = 1$	Verilerin bir kısmı toleranslara yaklaşır.
$C_{pk} > 1$	Verilerin tamamı tolerans sınırları içine düşer.
$0 < C_{pk} < 1$	Süreç ortalaması tolerans sınırlarının içindedir.
$C_{pk} = 0$	Süreç ortalaması tolerans sınırlarının birine eşittir.
$C_{pk} < 0$	Süreç ortalaması tolerans sınırlarının dışındadır.

Süreç yeterlilik analizinin uygulanmasında genel olarak aşağıdaki aşamalar izlenmektedir.

Bu aşamalar:

- Süreç yeterliliğini ölçmede ilk adım süreci tanımlamaktır. İkinci adım ise toleransların tanımlanmasıdır. Toleranslar süreç çıktısını ölçmeye olanak sağlayacak şekilde tanımlanmalıdır. Hangi verilerle çalışılacağı belirlenmeli ve eğer mümkünse değişen verilerle çalışılmalıdır. Bu seçimin sebebi değişken verilerle



yapılan süreç yetenek analizinin ölçülemez verilerle yapılandırılan daha iyi sonuç vermesidir. Süreç yeteneği, süreç çıktılarının önemli bazı parametrelerini (çap, oran, mukavemet vb.) ölçmeye yönelik olarak yapılır (Tütmez, 1999).

- b) Süreç Yeterlilik Analizinin sonucuna güvenebilmek için, en az 50 örnek alınmış olması gerekir (Dubek and Burlikowska, 2005).
- c) Alt grup örnekleme büyüklüğünü belirlenir.
- d) Örnekleme alma sıklığı belirlenir.
- e) Süreç Yeterlilik indeksleri hesaplanır.

ÜT – İşletmenin üretim üst toleransı, AT – İşletmenin üretim alt toleransı ve “S<sub>ort</sub>” alt grupların standart sapmasını ifade edecek şekilde Cp indeksi hesaplanması (Işığışok, 2004):

Alt grupların ortalamasının (X<sub>ort</sub>) hesaplanmasında 4.4 ve 4.5 nolu eşitlikler kullanılır. Alt grupların standart sapmasının (S<sub>ort</sub>) hesaplanmasında 4.14 ve 4.15 nolu eşitlikler kullanılır.

$$C_p = \frac{ÜT - AT}{6S_{ort}} \quad (4.20)$$

eşitliği kullanılır. C<sub>pk</sub> indeksinin hesaplanmasında:

$$C_{pkalt} = \frac{X_{ort} - AT}{3S_{ort}} \quad (4.21)$$

ve

$$C_{pküst} = \frac{ÜT - X_{ort}}{3S_{ort}} \quad (4.22)$$

eşitlikleri kullanılır. Kullanılan verilere göre sürecin doğal tolerans sınırlarının hesaplanması bize süreç yeterlilik analizi hakkında yardımcı olmaktadır. Doğal tolerans sınırlarının hesaplanmasında:

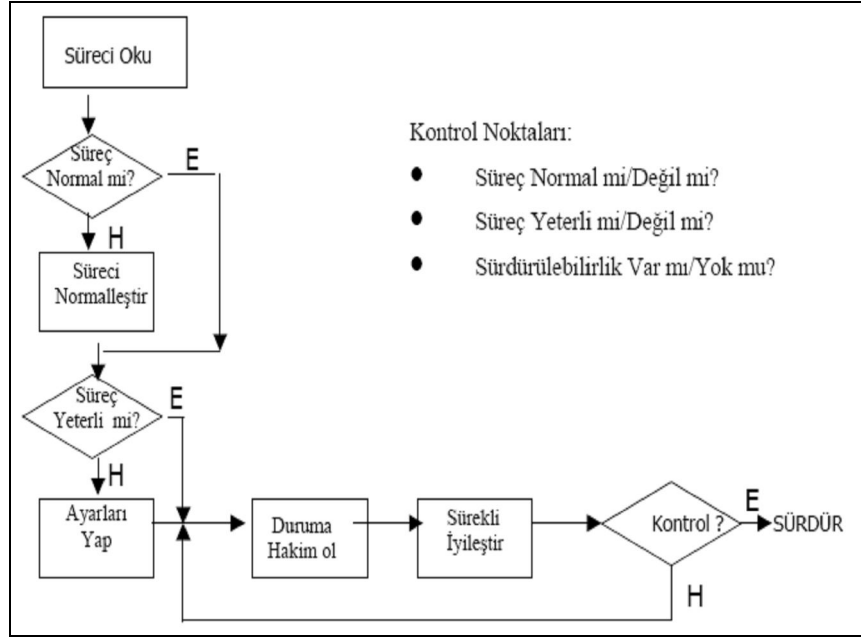
$$\text{Alt doğal tolerans sınırı (ADTS)} = X_{ort} - 3 S_{ort} \quad (4.23)$$

$$\text{Üst doğal tolerans sınırı (ÜDTS)} = X_{ort} + 3 S_{ort} \quad (4.24)$$

eşitlikleri kullanılır.

f) Ölçüm sisteminin yeterlilik tespitinin ardından süreç yeterlilik çalışmasına geçilir.

Süreç yeterliliği çalışmalarında kullanılabilecek akış şeması Şekil 4.15’de verilmiştir (Durman ve Pakdil, 2005).



Şekil 4.15 Süreç yeterlilik analizi akış şeması.

#### 4.1.9 Makine Yeterlilik Analizi

Makine Yeterlilik Analizi, aynı süreç koşullarında (örneğin aynı operatör, aynı kontrolör, homojen ham madde, kesintisiz çalışma vs.) tekrar üretilebilirlik demektir. Makine yeterliliği, belirlenen standarda göre makinenin göstermiş olduğu gerçek performans olarak da tanımlanır. Bir ürünün bir makineye bağlı olarak gerçekleşen bütün özellikleri bu makinenin yeterliliği ile ilgilidir. Bu özellikler boyutsal, mekanik, kimyasal olabilir (Tezel, 2006).

Makine Yeterlilik Analizi, kısa bir süre içinde, aynı süreç şartlarında kullanılan makinelerin kabiliyeti ve varsa değişimleri ortaya çıkarmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu analiz özel nedenleri göstermemektedir. Kontrol grafiklerinin uzun dönemde verdikleri hassasiyeti vermemektedir (Işığışık, 2004).

Makine yeterlilik analizinin yararları aşağıda verilmiştir. (Işığışık, 2004; Tezel, 2006).

- a) Makine satın alımında ve kabulünde yeterlilik kriterlerinin oluşturulmasına olanak sağlar.
- b) Mevcut makinelerin yeterliliğinin tespitine olanak sağlar.
- c) Yıpranmaların izlenmesine ve önleyici bakım faaliyetlerinin başlatılmasına olanak sağlar.
- d) Hangi sürecin uzun dönem süreç kontrolü için uygun olduğunun belirlenmesine olanak sağlar.
- e) Makine aşınma ve yıpranmalarının izlenmesine ve önleyici bakım çalışmalarının yapılmasını sağlar.

Ölçülebilir değişkenlik için bir makine yeteneğinin kısa dönem etkilerinin ölçümü olup, makinenin yeterli sayılabilmesinin minimum koşulu  $X_{ort} \pm 4S$  tolerans sınırları içinde kalmasıdır. Bu ise % 99,994 oranında kusursuz ürün üretmesi anlamına gelir. Makine yeterliliğine ilişkin tolerans sınırlarının geniş tutulmasının nedeni, süreç yeterliliğinin uzun dönemde geçerliliğini sağlamaktır. Buna göre makine yeterlilik endeksi  $C_m$  ve  $C_{mk}$  minimum değeri 1,33'tür (Işığışık, 2004). Makine yeterlilik analizi değerlendirmeleri buna göre yapılmaktadır.

Makine Yeterlilik Analizinde indeks minimum değeri göstermediğinde buna sebep olan ana nedenler aşağıda verilmiştir (Işığışık, 2004).

- a) Takımların aşınmasından dolayı meydana gelen ortalamanın yer değiştirmesi,
- b) Birkaç operasyon sonucunun veya birbirine benzeyen birkaç makine ürününün normal dağılmamış olması veya ayrı ayrı her bir tezgâhın ürünlerinin normal dağılmamasıdır.
- c) Otomatik ayar yapan makinelerin her zaman normal olmayan dağılım göstermesi,
- d) Bir makine ürün dağılımının normal dağılım olmamasına rağmen, değişiminin özel nedenleri operasyonda mevcut olabilir. Bu sebeplerden normal olmayan dağılım ortaya çıkabilir. Örneğin; hasarlı bir takımı veya parçayı yerleştirirken çapak kalması normal olmayan bir dağılım ortaya çıkabilir.
- e) Standart sapma veya değişim aralığının büyük olması,
- f) Makinelerin kendi içindeki toleranslarında meydana gelen değişimler (yatak aşınması v.s kontrolü),
- g) Makine parçalarının yanlış bağlanması ile ortaya çıkmış olabileceğinden, parça bağlantılarının gözden geçirilmeli ve diğer teknik önlemler alınmalı,

- h) Makine yetersizliğinden ortalama değerin yüksek veya düşük olmasıdır. Böyle bir durumda yapılması gereken işlem, makine ayarıyla oynayarak dağılımın ortalamasının değiştirilmesi ve  $\pm 4S$  olan limit toleransları içine alınarak makine ideal konuma getirilmesidir.

Makine yeterlilik analizinin uygulanmasında genel olarak aşağıdaki aşamalar izlenmektedir. Bu aşamalar:

- a) İncelenecek sürecin, çalışma karakteristikleri ve toleransları belirlenir.
- b) Ne yapıldığı konusunda operatör bilgilendirilir.
- c) Normal üretim koşullarında, nominal değere ayarlanmış bir makine ile kesintisiz bir çalışma sağlayacak koşullar yerine getirilir.
- d) Kesintisiz bir ortamda, aynı kişi tarafından, aynı metot, cihaz ve şartlarda ardışık olarak en az 50 örneklem seçilir.
- e) Ürünleri toplam limitin 1/10'u hassasiyetinde kalibrasyonu yapılmış bir ölçme aracı ile ölçülür ve sonuçları sıra numara verilerek kaydedilir.
- f) Frekans dağılımında veriler işaretlenir. İncelemenin doğru olması için veri, normal dağılım göstermelidir. Normal dağılım değilse özel nedenler araştırılarak giderilir.
- g) Makine yeterlilik katsayıları ( $C_m$  ve  $C_{mk}$ ) hesaplanır. Makine yeterlilik katsayıları minimum 1.33 olmalıdır. Makine yeterlilik indeksi  $C_{mk}$  değerinin hesaplanmasında, örneklem ortalamasına yakın olan tolerans sınırını içeren eşitlik tercih edilir (Işığışık, 2004; Tezel, 2006). Hesaplamalar (Işığışık, 2004):

ÜT – İşletmenin üretim üst toleransı, AT – İşletmenin üretim alt toleransı ve “ $S_{ort}$ ” alt grupların standart sapmasını ifade edecek şekilde  $C_m$  ve  $C_{mk}$  indekslerinin hesaplanması:

$$C_m = \frac{ÜT - AT}{6S_{ort}} \quad (4.25)$$

$$C_{mkalt} = \frac{X_{ort} - AT}{3S_{ort}} \quad (4.26)$$

veya

$$C_{mküst} = \frac{\bar{U}T - X_{ort}}{3S_{ort}} \quad (4.27)$$

eşitlikleri kullanılır.

## 4.2 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL METODLARININ UYGULAMA AŞAMALARI

İSK metotlarının uygulanmasında aşağıda verilen aşamalar kullanılmaktadır.

### 4.2.1 Sürecin Tanımlanması

İncelenecek süreç tüm yönleri ile ele alınarak tanımlanmalıdır. Sürecin tanımlanabilmesi için, öncelikle süreç hakkında bilgilerin çok detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Bu da süreci en iyi tanıyan çalışanların bilgilerine başvurma ve sürecin belirli bir süre gözlem altına alarak gerekli bilgilerin toplanması ile sağlanır. Tanımlamada; süreç akış şemaları gibi araçlardan yararlanılabilir. Süreç akış şemaları mevcut süreç için oluşturulabileceği gibi süreçte herhangi bir değişikliğin önerilmesi için de çizilebilir. Mevcut durumu ve önerilen durumu gösteren süreç akış şemalarının karşılaştırılması ile yapılacak değişiklikle süreçteki faaliyetlerin ne kadar azaltıldığı açık bir şekilde görülebilir (Tezel, 2006).

### 4.2.2 Kontrol Edilecek Karakteristiklerin Belirlenmesi

İSK karakteristiklerinin doğru seçilmesi, olayın başlangıcının doğru yapılması anlamındadır. İSK konusunda doğru yaklaşım, teknik resimler üzerinde süreç kontrol parametrelerini belirleyip sınıflandırmaktır. Söz konusu sınıflandırma, karakteristiklere / ölçülere verilen toleranslara göre yapılır. Yapılan sınıflama ve sıralama işleminden sonra, ürün için en hayati öneme sahip olan karakteristikler alınmalıdır. Bu aşamadan sonra, bu karakteristikleri temsil eden ölçüm parametreleri (uzunluk, hacim, ivme, basınç, ağırlık vb.), en uygun ölçü birimi ve buna ait ölçek tespit edilmelidir (Tezel, 2006).

### 4.2.3 Ölçü Aletlerinin Seçimi, Test ve Kalibrasyonu

Kontrol edilecek karakteristikleri toplamada, hangi ölçü aletlerinin ve yöntemlerinin kullanılacağına tespit edilmesi gerekmektedir. Kullanımına karar verilen ölçü aletlerinin doğru değerleri yansıtabilmesi için kontrol ve gerekiyorsa kalibrasyonunun yapılması

gereklidir. Ölçme aletinin seçiminde; hassasiyet, kesinlik, kapasite ve yanıt verme süresi kriterlerine dikkat edilmelidir. Burada önemli olan bu kriterlerin, kontrol edilecek karakteristikler için yeterli olmasıdır (Tezel, 2006).

#### **4.2.4 Örneklemme Büyüklüğü ve Sıklığı**

Örneklemme, bir ana kütle için belirli özellikleri hakkında karar vermek amacıyla ana kütle için en iyi temsil edecek biçimde belirli kriterlere göre ana kütleye nispeten küçük bir kısmının seçilmesi işlemidir. Örneklemme işleminde, ana kütle için özelliklerine ve saptanan amaçlara göre 3 yöntemle örneklem seçimi yapılır. Bu yöntemler aşağıda verilmiştir (Kaya vd, 2005).

- a) Rasyonel örneklem alma; ideal örneklem alma yöntemidir. Örneklem ana kütle için eşit koşullar altında seçilir.
- b) Tesadüfi örneklem alma; bir atölyede çeşitli tezgâhlarda işlenen aynı cins parçaların hepsi bir kutuya karışık olarak doldurulur, daha sonra bunlardan örneklem alınır. Bu şekilde oluşturulan örneklem gurubunda hem şans, hem de belirlenebilir faktörlerin etkisi bulunur.
- c) Kademeli örneklem alma; farklı kaynaklardan gelen parçalardan örneklem alınması söz konusu olduğunda uygulanan bir yöntemdir. Farklı iş istasyonu, eğitim durumu, pres, satıcı firma vb. kaynaklardan gelen parçalar belirli miktarlarda seçilerek bir örneklem gurubu oluşturulur.

## BÖLÜM 5

### UYGULAMA

Bu çalışmada, İSK metotlarının uygulama alanı olarak zincir üretimi yapan bir işletme seçilmiştir. Uygulama sürecinde işletme, nominal çapı 10 mm zincirin üretim süreci ve zincir malzemesi incelenmiştir. İnceleme sonucunda ilk uygulamada nominal çapı 10 mm zincirin üretimindeki kontrol dışı durumlar için tespit edilen İSK metotları ve ikinci uygulamada ise tüm zincirlerin üretimde kullanılan tüm makinelerin duruş sebepleri için tespit edilen İSK metotları uygulanmıştır.

#### 5.1 UYGULAMA YAPILAN YER HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Kastamonu Zincir Sanayi ve Ticaret AŞ'i 1980 yılında Kastamonu'da kurulmuştur. 7500 m<sup>2</sup> kapalı, 20000 m<sup>2</sup> açık alandır. Nominal çapı 3 – 90 mm arasında baklalı zincir üretim yelpazesine sahip olup, yıllık üretim kapasitesi ortalama 1000 tondur. Yurt içi piyasaya üretim yapmanın yanı sıra üretiminin % 5'ini Fransa, Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Litvanya, Suriye, İran, Irak, Panama vb. ülkelere ihracatta da bulunmaktadır.

İşletmede üretim durumuna göre iki veya üç vardiya olarak sekizer saatlik periyot halinde çalışılmakta olup, her vardiyada denetim imalat mühendisi ve imalat şefi tarafından gerçekleştirilmektedir.

İşletmede üretilen zincir çeşitleri aşağıda verilmiştir.

- a) Patinaj Zincirleri (TSE 663),
- b) Maden Zincirleri (DIN 22252),
- c) Konveyör Zincirleri (DIN 764),
- d) Kalibre Zincirler (DIN 762, DIN 766),
- e) Normal Baklalı Zincirler (DIN 5685),
- f) Yüksek Mukavemetli Kaldırma Zincirler (DIN 5684, EN 818),
- g) Yüksek Çekme Dayanımlı Zincirler (DIN 5687),
- h) Kısa Baklalı Zincirler,

- i) Uzun Baklılı Zincirler (DIN 20637, DIN 763),
- j) Yuvarlak Baklılı Zincirler (DIN 32891),
- k) Türkiye’de ve Dünya’daki mevcut bütün liman ve marinalarda kullanılan sıcak daldırma galvaniz ve elektro-galvaniz zincir çeşitleri,
- l) Özel siparişe ve kişisel ihtiyaca yönelik her türlü zincirlerden oluşmaktadır.

## **5.2 MATERYAL VE METOD**

İşletmede yapılan çalışma sonucunda, nominal çapı 10 mm zincirin üretim süreci, zincir malzemesi ve yapılan kaynak deneyi ve analiz sonuçları hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

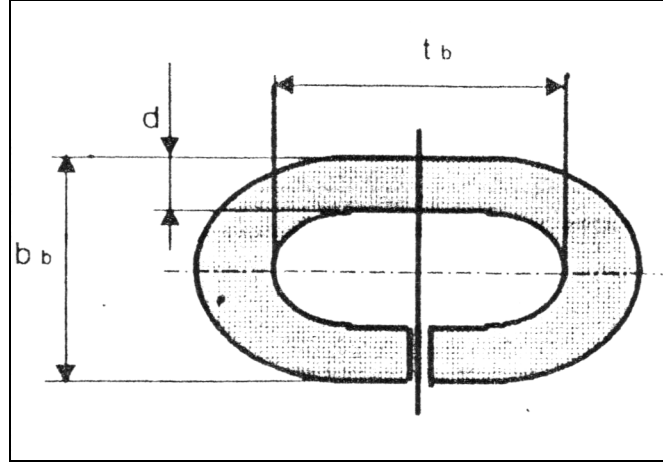
### **5.2.1 Nominal Çapı 10 mm Zincirin Üretim Süreci**

İşletmede yapılan uygulamada İSK metotlarından Histogram, Kontrol Grafikleri, Sebep - Sonuç Grafiği, Süreç Yeterlilik Analizi ve Makine Yeterlilik Analizi nominal çapı 10 mm SAE 1008 zincirin yakma alın kaynağı sonrası kontrol dışı durumlarını tespit etmek için kullanılmıştır. Bu nedenle nominal çapı 10 mm zincirin üretim süreci detaylı incelenmiş ve aşağıda açıklanmıştır. Nominal çapı 10 mm zincire ait “Üretim Süreç Şeması” Ek C’de verilmiştir.

Hammadde (Çubuk) de malzemeler kangal şeklinde gelir. Ambara alınır. Sertlik ölçümü Rockwell C (HRC) sertlik ölçme cihazıyla yapılır. Sertlik değerinin 0 - 10 HRC arasında olması gerekmektedir. Hammadde deposunda şartlara uygun malzemeler, malzeme, hammadde çapı, sertlik değeri, satıcı firma adı, döküm numarası ve teslim tarihi yazılarak yerleştirilir. Tel temizleme ve tel çekme (haddeleme) işleminde, üretimi yapılacak zincir çapına en yakın malzeme seçilir. Çapı 12 mm’ye kadar olan malzemeler, yüzeylerinin temizlenmesi için tel temizleme makinesinden geçirilir. Daha sonra malzeme çapının -1 mm ölçüsüne kadar haddelenir.

Bükme makinesinde zincire ait kalıplar bükme makinesine takılır. Çelik teller, bükme kalıpları (kalıp malzemesi Ç 2842) yardımı ile kesme ve bükme işlemine tabii tutulur. Baklıların standart ölçülere göre açık ve birleştirilmiş hali oluşturulur. İşletmeden alınan bükme makinesi çıkış ölçü yeri sembolleri Şekil 5.1’de ve bükme makinesi çıkış standart ölçü değerleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.



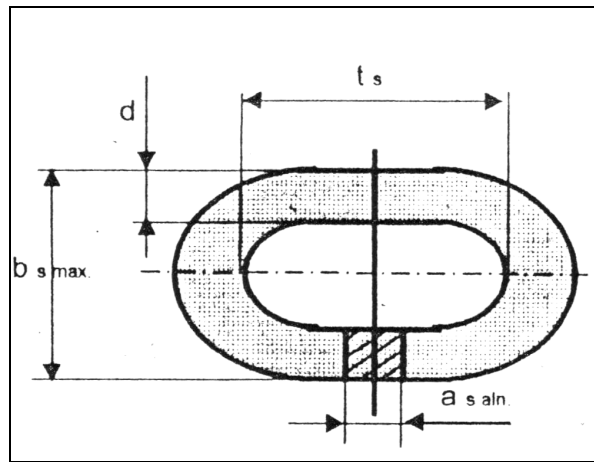


Şekil 5.1 Bükme makinesi çıkış ölçü yeri sembolleri.

Çizelge 5.1 Bükme makinesi çıkış standart ölçü değerleri.

Bükme Makinesi Çıkış Standart Ölçü Değerleri					
d	tolerans	tb	tolerans	bb	tolerans
10	± 0,4	29,5	± 0,6	34,5	± 1,2

Kaynak makinesi; işletmede İSK metotları yakma alın kaynağı sonrası alınan verilere uygulanmıştır. Bu nedenle kaynak ve yakma alın kaynağı hakkında 5.2.1.1 bölümünden itibaren detaylı bilgi verilmiştir. Bükme makinesinden çıkan zincir baklaları, standart ölçü değerlerine göre kaynak makinesinde alın kaynağı yapılır. İşletmeden alınan yakma alın kaynağı çıkış ölçü yeri sembolleri Şekil 5.2’de ve yakma alın kaynağı çıkış standart ölçü değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 Yakma alın kaynağı çıkış ölçü yeri sembolleri.

Çizelge 5.2 Yakma alın kaynağı çıkış standart ölçü değerleri.

Alın Kaynağı Çıkışı Standart Ölçü Değerleri					
d	tolerans	ts	tolerans	bs	tolerans
10	± 0,4	27,5	± 0,5	34,5	± 1,2

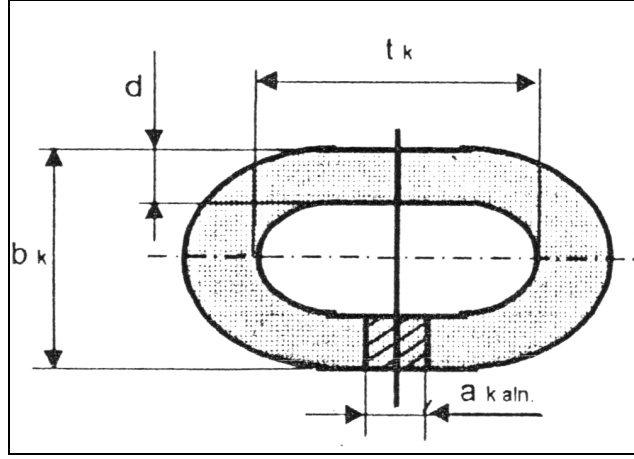
Kalite kontrol (çekme deneyleri) işleminde, kontrol edilecek zincire ait standart çekme deneyi değerleri kullanılır. DIN 766 standardına göre nominal çapı Ø10 mm zincire ait standart değerler Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3 Nominal çapı 10 mm zincire ait standart değerler.

Boyutlar ve Mekanik Özellikler							
Nominal Çap ve Tolerans	Bakla Boyu İç ve Tolerans	İç Genişlik (Min.)	Dış Genişlik (Max.)	Ağırlık	Çalışma Yüğü	Çekme (Test) Yüğü	Kopma Yüğü
d	t	bi	ba		kg	kN	kN
mm	mm	mm	mm	Kg/m	Max	Min	Min
10 ± 0,4	28 + 0,5 - 0,3	12	36	2,3	1250	32	50

Üretilen zincirden alınan bakla numuneleri 100 tonluk çekme ve koparma makinesinde çekme deneyine tabi tutulur. Çekme deneyinde nominal çapı 10 mm zincir baklaları 32000 N’luk kuvvette kaynak bölgesinden kopmaması ve herhangi bir defermasyona uğramaması gerekmektedir. Çünkü kaynak bölgesi emniyetli bir şekilde 32000 N’luk kuvveti taşıyabilmeli ve bu kuvvette çalışabilmelidir. Uygulanan kuvvetin devamında ise zincir baklası 50000 N’luk kuvvete kadar da kaynak bölgesinden kopmaması gerekmektedir. Çünkü zincir kaynak bölgesinin minimum kopma kuvveti 50000 N’dur.

Ölçüye getirme işleminde imalatı biten zincirler, bakla iç ölçülerinin eşitlenmesi için 0,5 m boyundaki zincir halkaları 32000 N çekme yüküne maruz bırakılarak ölçüye getirme işlemi yapılmaktadır. Eğer zincir baklalarının yakma alın kaynağı istenen standartlarda olmaz ise ölçüye getirme işleminde zincir baklaları kopmaktadır. İşletmeden alınan ölçüye getirme işlemi çıkış ölçü yeri sembolleri Şekil 5.3’de, ölçüye getirme işlemi çıkış standart ölçü değerleri Çizelge 5.4’de verilmiştir.



Şekil 5.3 Ölçüye getirme işlemi çıkış ölçü yeri sembolleri.

Çizelge 5.4 Ölçüye getirme işlemi çıkış standart ölçü değerleri.

Ölçüye Getirme İşlemi Çıkış Standart Ölçü Değerleri					
d	tolerans	tk	tolerans	bk	tolerans
10	± 0,4	28,0	± 0,6	34,0	± 1,2

Tartı işleminde, zincirler boya veya kiloya göre ayrılır. Kiloda standart Ø 9 - 16 mm ölçüye getirme işlemi için 50 kg, boyda ise müşteri isteğine göredir. Tamburlama işleminde amaç üretimden çıkan zincirlerin yüzeylerindeki çapak kalıntılarını, pasları, yağları ve diğer yabancı malzemeleri temizlemek, zincirleri parlatmak, küflenmesini önlemektir. Parlatma işlemi için arap sabunu ve marangoz talaşı kullanılır. Statik toz boyama işleminde, zincirler üretim öncesi tespit edilen renklerde boyanır. Boya kutusundaki kriterler kontrol edilerek renkleri birbirini tutmayan boyaların karışmamasına dikkat edilir. Kaplama işleminde, müşteri isteğine göre zincirlere uygulanır. Kaplama işleminde çinko ve bakır kaplama yapılır. İşletmeden alınan süreye bağlı olarak renk değişikliği Çizelge 5.5’de verilmiştir.

Çizelge 5.5 Süreye bağlı renk değişimi.

15. dakika	30. dakika	45. dakika
Mat gri	Gri	Parlak gri

Ambaj – sevk ve depolama işleminde üretim aşamasındaki kalite kontrolleri tamamlanan zincirler, ambalajlanmak, depolanmak ve sevk edilmek üzere ambara gelir. Stok ve satış işleminde her zincir düzenli bir şekilde isimlendirilir. Sipariş edilen her malzeme stoka

kabul edilmeden önce siparişi veren sorumluya malzemenin doğruluğu sorulur, gerekli kontroller yapıldıktan sonra stoktaki yerine yerleştirilir.

### **5.2.1.1 Kaynak**

Metalik malzemeyi ısı, basınç veya her ikisini birden kullanarak, aynı cinsten, erime aralığı yakın olan bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye metal kaynağı adı verilir. İki parçanın birleştirilmesinde ilave bir malzeme kullanılacaksa, bu malzemeye ilave metal veya dolgu malzemesi adı verilir (Kapıcı, 2005).

### **5.2.1.2 Kaynak Kabiliyeti**

Kaynak kabiliyeti deyimini kaynağa elverişlilik, konstrüksiyonun kaynak emniyeti ve imalatta kaynak yapabilme kavramlarını içine alır. Bu kavramlarda malzeme, imal usulü ve konstrüksiyonun etkisi altındadır. Bir malzemenin kaynak kabiliyetinden söz edebilmek için en azından aşağıdaki iki şart gerçekleşmelidir (Kapıcı, 2005):

- a) Parçaların belirli bir kaynak usulü ile birleştirilebilmesi mümkün olmalıdır (kaynağa elverişlilik deyimini).
- b) Kaynak edilen malzeme, maruz kalacağı zorlamalara dayanmalıdır (kaynak emniyeti deyimini).

Bir konstrüksiyonun kendisinden beklenenleri sağlaması malzeme, konstrüksiyon, imal usulü ve çalışma şartları gibi faktörlerin etkisi altındadır. Hatalı bir durum ortaya çıktığı zaman, bütün kusur malzemeye verilemez. Diğer faktörler de göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle; kaynak konstrüktöründe, malzeme ve işletme mühendisi birlikte çalışmak mecburiyetindedir (Kapıcı, 2005).

### **5.2.1.3 Kaynak Bağlantıları**

Kaynakta birleşme yerinde malzemenin ergiyip katılaşması sonucunda iç yapı değişir ve önceden sünek olan malzeme gevrekleşerek döküm karakteri alır. Bu esnada çekmeler, çarpılmalar olur, oluşan iç gerilmeler dış zorlanmalarla da birleşerek dikiş bölgesinde gevrek kırılmalara yol açmaktadır. Isınan bölge ne kadar küçükse çatlama tehlikesi o kadar büyük olur. Gerilme giderme tavlama uygulanarak olumsuz etkiler önemli ölçüde

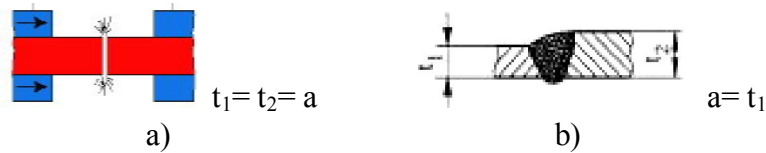
azaltılabilir. Kaynak edilecek malzemenin özellikleri bilinmiyorsa bu malzemeden alınan bir örnek parça üzerinde deneme kaynağı yapılarak dikişin kırılma dayanıklılığı kontrol edilebilir. İyi kaynak yapılabilir bir malzemede dikiş bölgesinde kaynaktan sonra mekanik özellikler kötüleşmemeli, gevrek ve kırılma bir yapıya dönüşme sınırlı kalmalı, korozyona dayanıklılık azalmamalıdır. Kaynakta ana malzemeye oranla mukavemet azalması ortalama % 20 dolayındadır. Alın kaynağında kaynak ağzına gerek yoktur. Parçalar karşılıklı alın alın getirilerek kaynak edilir (Bozacı, 1989).

### Kaynak Dikiş Kalitesi

Kaynak dikişinin mukavemeti ulaşılabilen dikiş kalitesine ve işçiliğe bağlıdır. Baştan sona kadar bir dikişin kalitesi üzerinde etkili etmenler; malzeme, ön hazırlık çalışmaları, kaynak yöntemi, kaynak malzemesi, kaynakçının eğitimi ve deneyimi, kaynak sonrası işlerdir.

### Kaynak Bağlantılarının Boyutlandırılması

a) Dikiş kalınlığı ve dikiş boyu; bütün alın kaynaklarında dikiş kalınlığı (a) birleştirilen parçaların kalınlığı ( $t_1 = t_2 = a$ ) kadar alınır (Şekil 5.4a). Eğer kaynak edilen parça kalınlıkları farklı ise ince parçanın kalınlığı dikiş kalınlığı olarak alınır (Şekil 5.4b). Şekil 5.4’de parça kalınlıklarına göre dikiş kalınlığı gösterilmiştir.



Şekil 5.4 a) Parça kalınlığı birbirine eşit olduğunda dikiş kalınlığı b) Parça kalınlığı birbirine eşit olmadığına dikiş kalınlığı.

Alın kaynaklarında dikiş kesit alanı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$A_k = \sum(a \cdot l_k) \quad (5.1)$$

eşitlikte verilen  $A_k$  = Dikiş kesit alanı,  $a$  = Dikiş kalınlığı,  $l_k$  = Kaynak dikiş uzunluğu’dur.

Kaynak dikiş uzunluğu ( $l_k$ ) alın kaynaklarında bir olarak alınır (Bozacı, 1989). Dairesel kesitli bir alın kaynağında dikiş kesit alanı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$A_k = \frac{\Pi.D^2}{4} \quad (5.2)$$

eşitlikte verilen  $D =$  Malzeme çapıdır.

b) Emniyet gerilmesinin belirlenmesi; kaynak dikişinin mukavemeti genel olarak tek parçadan daha düşüktür. Dikiş ve geçiş bölgesi ana malzemedan farklıdır. Ana malzeme bir hadde ürünü özelliği gösterirken dikiş daha çok bir döküm karakteri taşır. Bu durum dinamik yükler için çok daha önemli ve tehlikelidir. Dikiş şekli ve kalitesinden iç gerilmelerden ve gerilme yığılmalarından dolayı kaynak gerilmelerinin hesabında daima bir belirsizlik söz konusudur. Dinamik zorlamalarda bu belirsizlik daha da önemli sonuçlar doğurabilir. Kaynak dikişinin emniyet gerilmesi belirlenirken bu belirsizlik ve mukavemet azaltıcı etkenler zayıflama katsayısı ( $V$ ) ile göz önüne alınır (Bozacı, 1989). Bu durumda kaynak dikişi için emniyet gerilmesi değerleri;

$$(\sigma_{em.akma})_{kaynak} = V (\sigma_{em.akma})_{ana\ malzeme} \quad (5.3)$$

$$(\mathcal{Z}_{em.kopma})_{kaynak} = V (\mathcal{Z}_{em.kopma})_{ana\ malzeme} \quad (5.4)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

$V$  zayıflama katsayısının belirlenmesinde deneysel verilerden ve uygulamada kazanılmış deneyimlerden yararlanmak gerekir. En genel durumda zayıflama katsayısı dört ayrı çarpandan oluşturulur.

$$V = V_1 V_2 V_3 V_4 \quad (5.5)$$

$V_1$  kaynak dikiş katsayısıdır. Zorlanma durumuna, kaynak dikiş şekline ve birleştirme şekline bağlıdır. Katsayısı zorlanma statik ise ve hiçbir dinamik etki yoksa 1 alınabilir. Değişken zorlamalar için bütün malzemelerde çekme - basmada 1, eğilmede 1,2 ve kesilmede 0,8 olarak alınmaktadır.  $V_2$  kaynak kalite katsayısıdır. Dikişin kalitesi göz önüne alınarak alınır. Değerler kalite sırasına göre 1, 0,8 ve 0,5 olarak alınır.  $V_3$  darbe katsayısıdır. İşletme esnasında bağlantıya gelebilecek darbe şiddeti göz önüne alınır. Darbe şiddetinin zayıf, orta, kuvvetli ve çok kuvvetli oluşuna göre  $V_3 = 1 - 0,3$  arasında bir değer alınır.  $V_4$  gerilme yığılması katsayısıdır. Uygulamalarda 1 alınır (Bozacı, 1989).

c) Kaynak dikiş gerilmesinin belirlenmesi; çekme (basma) zorlanmasında dikiş kesitine gelen çekme gerilmesinin hesaplanmasında;

$$\sigma_{\text{çekme kaynak}} = \frac{F}{\sum (A_k \cdot l_k)} \leq (\sigma_{\text{em.akma}})_{\text{ kaynak}} \quad (5.6)$$

eşitliği kullanılmaktadır (Bozacı, 1989).

#### 5.2.1.4 Kaynak Çeşitleri

Kaynak; uygulandığı materyale, kaynak işlemine ve kaynak işleminin amacına göre birkaç çeşide ayrılmaktadır (Çetinkaya and Arabacı, 2006).

Kaynak çeşitleri aşağıda verilmiştir (MEB, 2005).

- a) Ergitme Kaynağı
- b) Özel Kaynaklar
- c) Basınç Kaynağı

- 1. Sürtünme Kaynağı
- 2. Patlama Basınç Kaynağı
- 3. Elektrik Direnç Kaynağı

#### Elektrik Direnç Kaynağı

Direnç kaynağı, iş parçalarından geçen elektrik akımına karşı, bu parçaların gösterdiği dirençten sağlanan ısı ve basıncın tatbikiyle yapılan bir kaynak usulüdür. Malzemeden geçen elektrik akımının meydana getirdiği ısının dışında, herhangi bir ısı tatbik edilmemektedir. Isı, kaynak edilecek kısımlarda meydana gelir ve basınç kaynak makinesindeki elektrotlar veya çeneler vasıtasıyla uygulanır (Arabacı, 2003).

Elektrik kaynağı usulleri, yapılış şekillerine göre aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir (Arabacı, 2003).

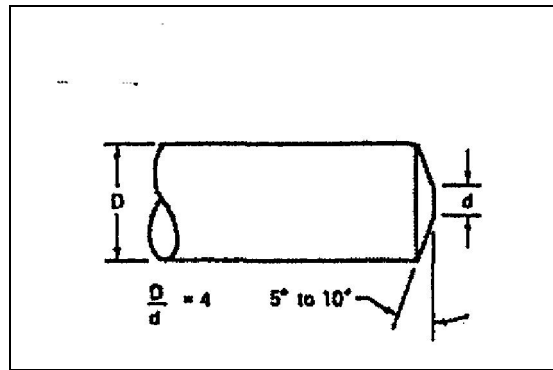
- a) Nokta Kaynağı
- b) Kabartılı Kaynak
- c) Dikiş Kaynağı
- d) Alın Kaynağı
  - 1. Yığma Alın Kaynağı
  - 2. Yakma Alın Kaynağı

## Yakma Alın Kaynağı

Benzer malzemelerin ya da farklı malzemelerin birleştirilmesinde birçok problemle karşılaşmaktadır. Endüstride bu problemleri gidermek için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden bir tanesi de yakma alın kaynak tekniğidir. Yakma alın kaynağı, elektriksel ısı ve hidrolik dövme işlemlerinden oluşan bir direnç kaynağı yöntemidir (Çetinkaya vd, 2006). Malzemeye ilave metal katmadan basınç altında bölgesel olarak ısıtıp birleştirmektir (Kapıcı, 2005).

Bu yöntemin üstün yönü, birleştirilecek yüzeyler için özel bir hazırlama işlemine gerek duyulmamasıdır. Bu özelliği ile homojen ve dayanım güvenirliliği yüksek birleştirmeler elde edilebilmektedir (Arabacı, 2003).

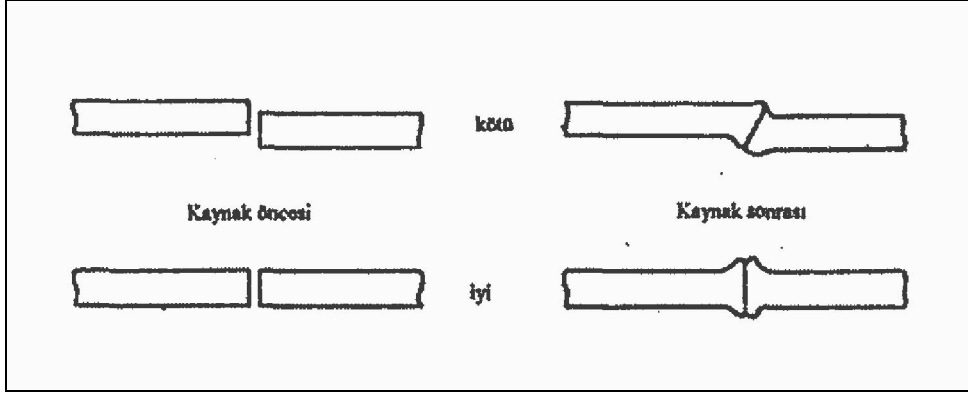
a) Yakma alın kaynağında kaynak öncesi hazırlık ve bağlantı özellikleri; yakma alın kaynağı için yüzey hazırlığı çok önemli değildir ve çoğu durumlarda gereksizdir. Buna karşın parçalarla elektrotlar arasındaki yüzey temizliği önemlidir. Elektrot yüzeyleri gres, toz gibi olumsuz etkilerden temizlenmelidir. Büyük kesitli parçalara kaynak yapılacağı zaman, yakma olayının başlatılabilmesi için alın yüzeylerde pah oluşturulur. Bu gibi pahlar normalden daha yüksek yakma voltajı gerekliliğini ortadan kaldırır (Arabacı, 2003). Şekil 5.5'de geniş parçalar için yakma olayının kolaylaştırılmasına ilişkin yüzey hazırlığı görülmektedir.



Şekil 5.5 Geniş parçalar için yakma olayının kolaylaştırılmasına ilişkin yüzey hazırlığı.

Kaynaklanacak parçaların bir merkezde olması çok önemlidir. Aksi durumda yakma sadece karşılık gelen yüzeylerde oluşur ve ısıtma tam olmaz. Dolayısıyla yığılma sırasında parçalar kayma eğilimi gösterir (Arabacı, 2003). Şekil 5.6'da bağlantı geometrisine parça merkezlenmesinin etkisi görülmektedir.





Şekil 5.6 Bağlantı geometrisine parça merkezlenmesinin etkisi.

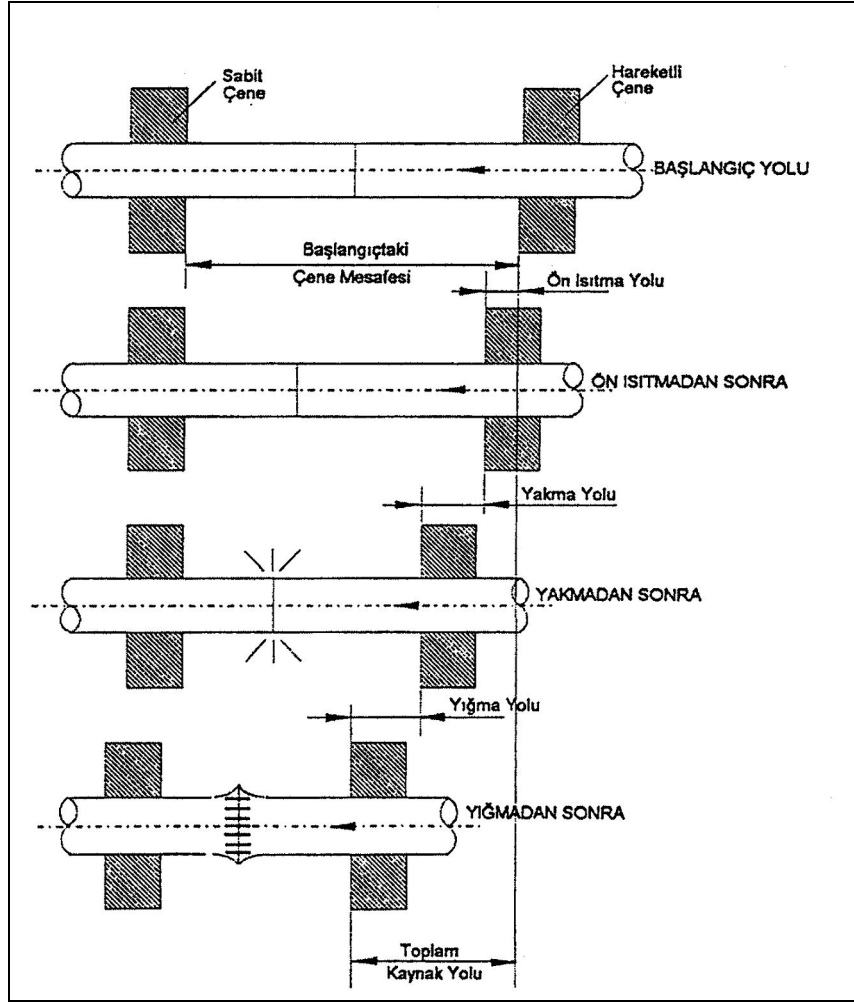
Kaynak sonrası dışarı taşan çapaklar alınmalıdır. Geniş kesitli malzemelerde çapakların alınmaması çekme mukavemetini biraz daha arttırmasına rağmen yorulma mukavemetini azaltır.

b) Yakma alın kaynağı prensibi; kaynak edilen iki çubuğun birleştirilmesi için öncelikle alın kısımlarındaki sıcaklığı yükseltmek ve ergimeyi sağlamak gerekmektedir. Temas yüzeyinde temassız yüzeylerin varlığından ötürü yüksek elektrik direncine sahip bazı alanlar mevcuttur. Bu yüksek elektrik direnci, yüksek ısı oluşumuna sebep olur. Yüksek ısı oluşumundan dolayı temas noktaları aniden ergime sıcaklığına ulaşır. Ergime halindeki bu küçük malzeme hacimleri patlar ve yanan zerrecikler dışarı doğru fırlayarak yeni krater ve temas noktaları oluştururlar. Bu işlem, kızak hareket ettirildiğinde bu kraterlerin uç noktaları tekrar temasa geçer ve alın yüzeyinin kaynak sıcaklığına gelmesine kadar tekrarlanır. Yanmanın bütün yüzeyi kaplaması ve birleştirilecek yüzeyin tamamının ergimesinden sonra birleşme yüzeylerine uygulanan baskı artar. Bu aşamada her iki yüzeydeki alanların tamamı birbirine temas eder. Bu da kıvılcımlanmaya ve ergimeye sebep olur. Metal için kıvılcımlanma süresi; malzemenin ısı iletkenliğine, parçaların kesitine, kıvılcımlanma çevrimine ve sekonder devre gücüne bağlıdır. Kalıntılar, porozite ve mikro gerilme ergitme kaynağının dezavantajlarıdır (Çetinkaya ve Arabacı, 2004; 2006).

Yakma alın kaynağı işlemlerini 4 aşamada toparlamamız mümkündür. Bu aşamalar (Arabacı, 2003):

1. Ön Isıtma
2. Yakma
3. Çene Baskı veya Yığma (şişirme)
4. Soğutma

Yakma alın kaynağının işlem sırası Şekil 5.7'da verilmiştir (Arabacı, 2003).



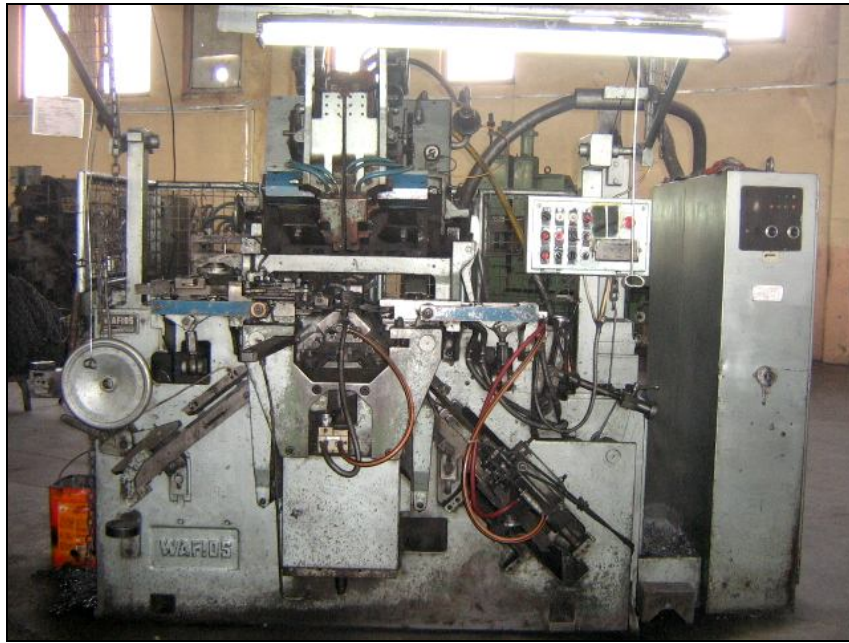
Şekil 5.7 Yakma alın kaynağının işlem sırası.

Alın kaynağı işleminin gerektiği şekilde olabilmesi için gerekli parametrelerin ayarlanması ve kontrol edilmesi gerekir. Bu parametreler aşağıda verilmiştir (Çetinkaya and Arabacı, 2006).

1. Transformatörün Yüksüz Voltajı
2. Akım Şiddeti
3. Akım Zamanı
4. Ön Isıtma Zamanı
5. Temas Zamanı
6. Çene Baskı Basıncı (İş Parçalarının Uçlarına Tesir Eden Kuvvet)
7. Makine Basıncı

c) Yakma alın kaynak makine çeşitleri; yakma alın kaynak makinelerinin hemen hepsi yarı otomatik ya da tam otomatiktir. Yarı otomatik makinelerde operatör genellikle yakmayı elle başlatır. Bundan sonraki olaylar otomatik olarak gerçekleşir. Tam otomatik operasyonlarda ise, makineye parçalar yüklendikten sonra kaynak parametreleri önceden operatör tarafından seçilir ve bundan sonraki işlemler komple otomatik olarak gerçekleştirilir.

Günümüz endüstrisinde farklı yakma alın kaynak makineleri kullanılmaktadır. Şekil 5.8'de işletmede kullanılan dairesel kesitli yakma alın kaynak makinesi görülmektedir.



Şekil 5.8 Dairesel kesitli yakma alın kaynak makinesi.

d) Yakma alın kaynağının avantaj ve dezavantajları; yakma alın kaynağının uygulamalar açısından özellikleri ve üstün görülen yönleri aşağıda özetlenmiştir (Arabacı, 2003).

1. Aynı tür parçaların birleştirilmesinde yararlanılan benzer yöntemlere kıyasla daha büyük yüzeyler kaynak edilebilmektedir. Kesit yüzeyine bağlı tezgâh güçleri ile çalışılması koşulu ile 90.000 mm<sup>2</sup>'lik kesitlere kadar birleştirmeler gerçekleştirilebilmektedir.
2. İşlemin yüzeysel bir yanma ve ergime olayı ile gerçekleştirilmesi, başlangıçta saptanan bir boyutsal kısalmaya neden olduğundan parçaların alınları için bir ön hazırlama işlemine gerek duyulmamaktadır.

Yakma alın kaynağını sınırlayan bazı unsurlar ise şunlardır (Arabacı, 2003);

1. Tek fazlı güç ihtiyacı, üç fazlı primer güç hatlarında dengesizlik oluşturur.
2. Yakma sırasında dışarı fırlayan ergimiş metal partikülleri çevreye zarar verebilir. Koruma altına alınmalıdır.

e) Yakma alın kaynağının kullanım alanları; yakma alın kaynağı, demir esaslı, demir dışı metal ve alaşımları ile farklı malzeme çiftlerinin birleştirilmesi için rahatlıkla kullanılabilir. Düşük karbonlu çeliklerin yanı sıra, orta ve yüksek mukavemetli düşük alaşımlı çelikler, takım çelikleri, östenitik, martenzitik ve paslanmaz çelikler, alüminyum alaşımları, nikel ve titanyum alaşımları da yakma alın kaynağı için uygun malzeme türleridir.

Yakma alın kaynağının endüstriyel uygulamalarından biri matkap uçlarının birleştirilmesidir. Maliyeti ve malzeme israfını önlemek için matkap uçlarının uç kısımları HSS'den, sap kısımları düşük karbonlu çeliklerden yapılır. Matkap uçlarında olduğu gibi bir shaftın tamamının paslanmaz çelik yerine gerekli kısmı paslanmaz çelik, diğer kısımları karbonlu çelik olarak tasarlanıp imal edildiğinde maliyet % 45 azalmaktadır (Çetinkaya vd, 2006).

### 5.2.2 Kullanılan Malzeme Hakkında Bilgi

Uygulamada ve deneysel çalışmalarda nominal çapı 10 mm SAE 1008 malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan SAE 1008 çeliğin kimyasal bileşenleri malzemelerin temin edildiği üretici firma tarafından belirlenmiştir. SAE 1008 çeliğin standartlarda gösterilişi Çizelge 5.6'da, kimyasal bileşenleri Çizelge 5.7'de, mekanik özellikleri Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Çizelge 5.6 SAE 1008 çeliğin standartlarda gösterilişi (URL-1, 2008).

Malzeme No.	ABD AISI/SAE/ASTM	Almanya DIN	Avrupa EN	İngiltere B.S.	İtalya UNI	Fransa AFNOR	Japonya JIS	TS
1,0330	A 366 (1012) 1008	DC 01 St 2/ St 12	-	1449 4 CR 1449 4 CS	FeP 00 FeP 01	TC	SPCC	1008

Çizelge 5.7 SAE 1008 çeliğin kimyasal analiz sonuçları.

SAE1008	C	S	P	Mn	Si	Cu	Cr	Ni	N	Ceq
Max	0,08	0,024	0,016	0,5	0,11	0,22	0,02	0,1	0,09	0,19

Çizelge 5.8 SAE 1008 çeliğin mekanik özellikleri (URL-2, 2008).

Elastisite Modülü	Akma Mukavemeti ( $\sigma_{em}$ )	Kopma Mukavemeti ( $\mathcal{Z}_{em}$ )	Poisson Oranı
(190 – 210) GPa	285 N/mm <sup>2</sup> (MPa)	340 N/mm <sup>2</sup> (MPa)	0,27 – 0,30

### 5.2.3 Kaynak Deneyi ve Analizleri

Bu çalışmada nominal çapı 10 mm SAE 1008 zincirden yakma alın kaynağı kaynak makinesinde sabit parametrelerde sıyrılmalı, sıyrımsız ve presli - sıyrımsız (üretim sonrası kaynak bölgesi preslenmiştir) olmak üzere üç grup zincir numunesi üretilmiştir. Bu numuneler üretim farklılıklarının zincir kaynak bölgesindeki dayanımına etkisini görmek için çekme deneylerine tabi tutulmuştur. Bu şekilde üretimde zincirin sıyrılmalı, sıyrımsız ve presli - sıyrımsız olarak üretilmesinin zincir dayanımına etkisi araştırılmıştır. Zincirin kaynak bölgesinin çalışabileceği çekme kuvvetinin hesaplaması yapılmıştır. Fazla kuvvetin zincir üzerindeki etkisini görmek için ANSYS 11.0 programında analizi yapılmıştır.

#### 5.2.3.1 Zincir Baklalarının Üretim İşlemleri

Çekme deneyinin ilk aşamasında nominal çapı 10 mm SAE 1008 zincir baklaları her grupta dört tane olmak üzere işletmede KEH 5.1 yakma alın kaynağı makinesinde sabit kaynak parametrelerinde üretilmiştir. Çizelge 5.9'da verilerin alındığı 23 Ağustos 2008 gününe ait yakma alın kaynağı kaynak parametreleri verilmiştir. Şekil 5.9 a.'da sıyrılmalı zincir ve Şekil 5.9 b'de sıyrımsız üretilen zincirler gösterilmiştir.

Çizelge 5.9 Yakma alın kaynağında kullanılan kaynak parametreleri.

Kaynak Parametreleri	23 Ağustos 2008 Gününe Ait Değerler
Voltaj	3 V
Akım Şiddeti	30 A
Akım Zamanı	1,8 sn
Ön Isıtma Zamanı	3 sn
Temas Zamanı	1,2 sn
Çene Baskı Kuvveti	2,5 Bar
Makine Basıncı	6 Bar

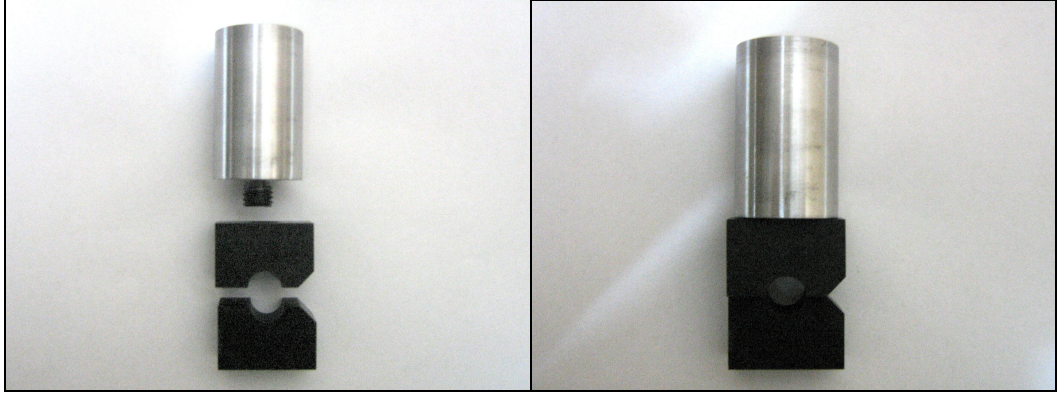


a. b.

Şekil 5.9 a. Sıyırma üretilen zincir, b. Sıyırmasız üretilen zincir.

### 5.2.3.2 Pres Baskısı

Yakma alın kaynağında üretilen üçüncü grup sıyırmasız zincir baklaları, Ç 2080 malzemesinden yapılan kalıpta işletmede soğuk presleme işlemi yapılmıştır. Prese bağlanan kalıp ile sıyırmasız üretilen dört numune sıkıştırılmıştır. Şekil 5.10'da preslemede kullanılan kalıp verilmiştir. Şekil 5.11'de kalıpta preslenen zincir baklası görülmektedir. Şekil 5.12'de presleme sonucu elde edilen zincir numunesi görülmektedir.



Şekil 5.10 Preslemede kullanılan kalıp.



Şekil 5.11 Kalıpta preslenen zincir baklası.



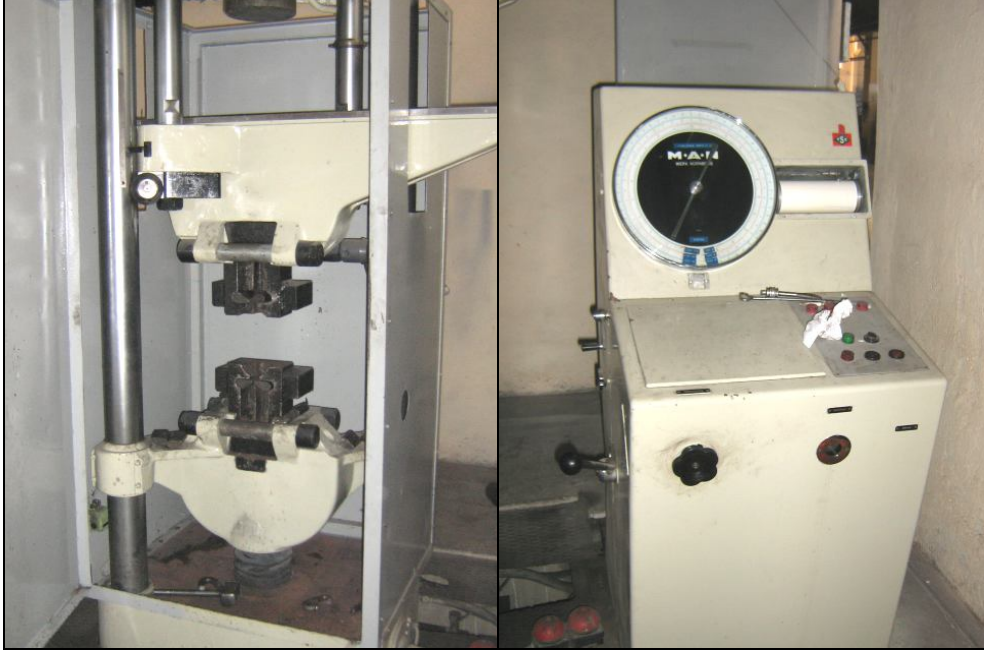
Şekil 5.12 Presleme sonucu elde edilen zincir.

### 5.2.3.3 Çekme Deneyi

Üretilen sıyırmalı, sıyırmasız ve presli - sıyırmasız zincir baklarına işletmede M.A.N. 100 Tonluk Çekme Makinesinde çekme deneyi yapılmıştır. Şekil 5.13'de çekme



deneylerinin yapıldığı çekme makinesi görülmektedir. Şekil 5.14'de çekme deney sonucu kopan zincir görülmektedir.



Şekil 5.13 Çekme deneyinin yapıldığı çekme makinesi.



Şekil 5.14 Çekme deneyi sonucu kopan zincir.

Yakma alın kaynağı kaynak makinesinde sabit parametrelerde üretilen sıyrırmalı, sıyrırmaz ve presli - sıyrırmaz zincir baklaları çekme deneyleri sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir. Çekme deneyinin yapıldığı çekme makinesinde elde edilen grafik kağıtları EK B'de verilmiştir.



Çizelge 5.10 Çekme deneyleri sonuçları.

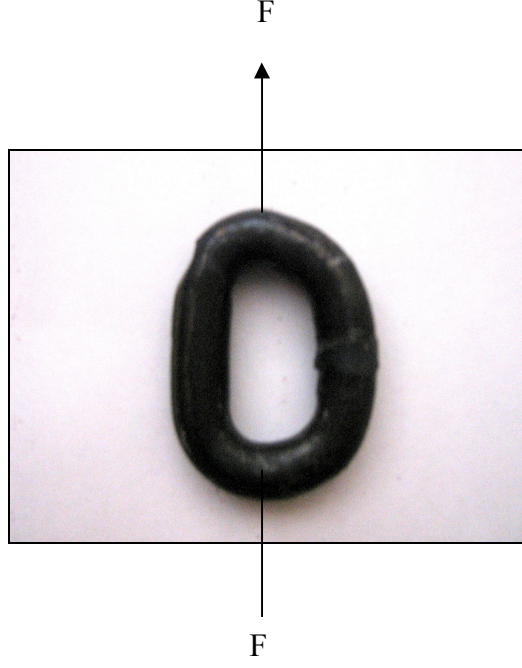
Numuneler	Kopma Kuvvetleri (N)				
	1	2	3	4	Ortalama
Sıyırma	73000	72000	72000	71000	72000
Sıyırmasız	89000	89000	88000	86000	88000
Presli - Sıyırmasız	92000	90000	89000	89000	90000

Yapılan çekme deney işlemlerinde her üç durum içinde (sıyırma, sıyırmasız ve presli - sıyırmasız) kopma işlemi kaynak bölgesinden değil zincir ana malzeme uç bölgesinden olmuştur. Bu durum bize kaynak bölgesinin her durum ve koşullar altında güvenli ve dayanımının daha yüksek olduğunu buna rağmen kopmanın ana malzemenin uç bölgesinden olduğunu göstermektedir. Yapılan üç deney tipinde de ortaya çıkan değerlerin (Çizelge 5.10) kaynak bölgesine uygulanan sıyırma, sıyırmasız ve presli – sıyırmasız durumlarla bağlantısı yoktur. Ancak zincir ana malzeme kopma mukavemet değerlerinde önemli bir artış görülmektedir. Sonucun bu şekilde farklı çıkması daha ileri bir araştırmanın konusudur. Çünkü yapılan işlemler kaynak bölgesine uygulanmakta fakat kopma olayı uç bölgeden olmaktadır. Bu sebeple değerler ve işlemler birbirinden bağımsızdır. Ayrıca uygulanan kaynak parametre değerlerinin işletme için uygun değerler olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç nedeni ile zincir baklasının analitik hesapları hem de nümerik hesaplamaları (ANSYS sonlu elemanlar analizi) yapılacaktır. Zincir baklasının zayıf ve güçlü bölgeleri bulunacaktır. Yapılan hesaplamalarla deneysel sonuç karşılaştırması yapılacaktır.

#### **5.2.3.4 Nominal Çapı 10 mm Zincir İçin Yakma Alın Kaynağı Sonrası Mukavemet Hesabı**

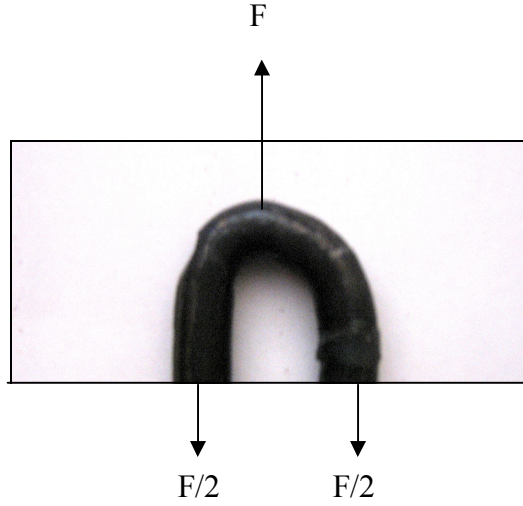
Üretilen nominal çapı 10 mm zincirin, çalışacağı yerde emniyetli çekme kuvvetinin, akma kuvvetinin ve kopma kuvvetinin mukavemet hesaplaması yapılmıştır. Buna göre üretilen zincir hesaplanan kuvvetlere göre kullanılabilir. Bu hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

a) Zincirin emniyetli taşıyabileceği yükün hesaplanması; çekme deneyi yapılan zincirlerin kaynak bölgesinin çalışabileceği emniyetli çekme kuvvetinin hesaplaması yapılmıştır. Şekil 5.15’de çalışan zincire uygulanan çekme kuvvetleri gösterilmiştir.



Şekil 5.15 Çalışan zincire uygulanan çekme kuvvetleri.

Çalışan zincire uygulanan çekme kuvvetinin yarısı kaynak bölgesine etki etmektedir. Şekil 5.16'da kaynak bölgesine etki eden çekme kuvveti görülmektedir.



Şekil 5.16 Kaynak bölgesine etki eden çekme kuvveti.

Hesaplamalarda 5.2, 5.3, 5.5 ve 5.6 eşitlikleri kullanılmıştır. Kaynak yapılan malzeme çapı  $D = 10\text{mm}$ , kaynak dikiş uzunluğu  $l_k = 1$ , kaynak dikiş katsayısı  $V_1$  çekme için 1, kaynak kalite katsayısı  $V_2 = 1$ , darbe şiddeti katsayısı  $V_3 = 0,8$ ; gerilme yığılma katsayısı  $V_4 = 1$ ,

akma mukavemeti  $\sigma_{em} = 285 \text{ N/mm}^2$  , kopma mukavemeti  $\zeta_{em} = 340 \text{ N/mm}^2$  olarak alınmıştır.

Eşitlik 5.5 kullanılarak V zayıflama katsayısı çekme kuvvetinde  $V = 1.1.0,8.1 = 0,8$  olarak bulunmuştur. Eşitlik 5.2 kullanılarak kaynak dikiş kalınlığı  $A_k = 3,14.10^2/4 = 78,5 \text{ mm}^2$  olarak bulunmuştur.

Eşitlik 5.3 kullanılarak kaynak dikişi emniyet gerilme değeri;

$$(\sigma_{em.akma})_{kaynak} = 0,8 \cdot 285 = 228 \text{ N/mm}^2$$

olarak bulunmuştur. Kaynak akma mukavemet değerine göre zincir kaynak bölgesinin çalışabileceği emniyetli kuvvet değeri Eşitlik 5.6 kullanılarak;

$$F_{em.çekme} = [(\sigma_{em.akma})_{kaynak} \cdot A_k].2 = [228 \cdot 78,5].2 = 35796 \text{ N}$$

olarak bulunmuştur.

b) Zincir malzemesinin akma mukavemetine göre taşıyabileceği emniyetli kuvvetin hesaplanması; yukarıdaki hesaplar tekrar edilecek sadece şu kısımlar değiştirilecektir. Zincir malzemesinin  $\sigma_{akma}$  değeri  $285 \text{ N/mm}^2$  olarak verilmiştir. Bu değer karşısında zincir kaynak bölgesinin taşıyabileceği akma kuvveti aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$F_{akma} = [(\sigma_{akma})_{kaynak} \cdot A_k].2 = [285 \cdot 78,5].2 = 44745 \text{ N}$$

c) Zincir malzemesinin kopma mukavemetine göre taşıyabileceği emniyetli kuvvetin hesaplanması; yukarıdaki hesaplar tekrar edilecek sadece şu kısımlar değiştirilecektir. Zincir malzemesinin  $\zeta_{kopma}$  değeri  $340 \text{ N/mm}^2$  olarak verilmiştir. Bu değer karşısında zincir kaynak bölgesinin taşıyabileceği kopma kuvveti aşağıdaki şekilde olacaktır.

$$F_{kopma} = [(\zeta_{kopma})_{kaynak} \cdot A_k].2 = [340 \cdot 78,5].2 = 53380 \text{ N}$$

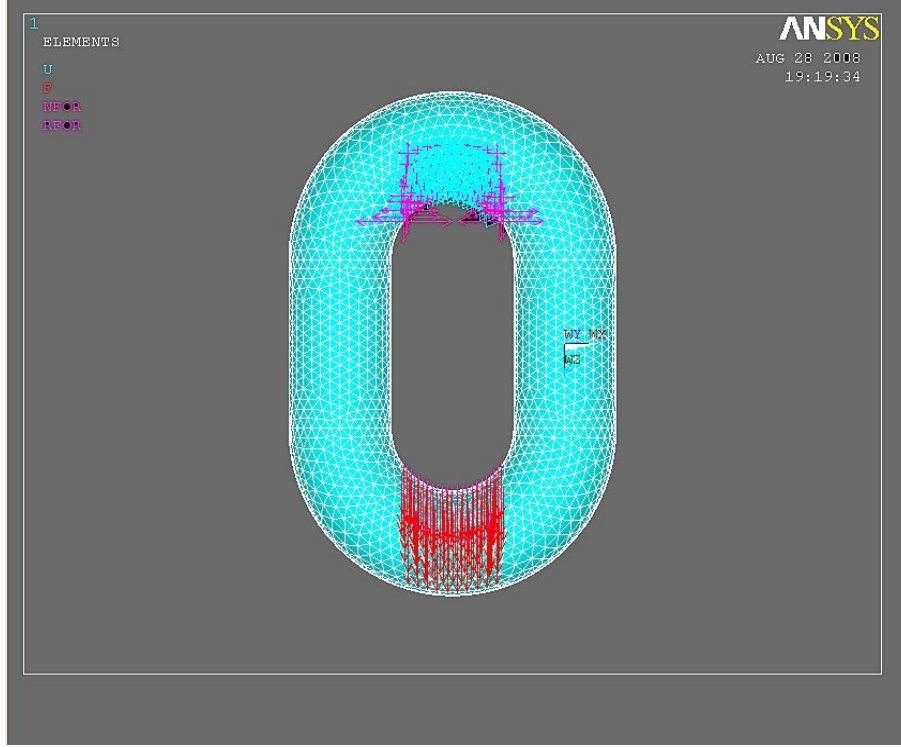
Yapılan bu hesaplamaların bilgisayar kullanılarak nümerik hesaplarla karşılaştırılması yapılacaktır. Bunun için sonlu elemanlar nümerik metodu kullanılacaktır. Bunun için ANSYS 11.0 programı kullanılacaktır.

### 5.2.3.5 Nominal Çapı 10 mm Zincir İçin Yakma Alın Kaynağı Sonrası Mukavemet Hesabının Sonlu Elemanlar Analizi İle Yapılması

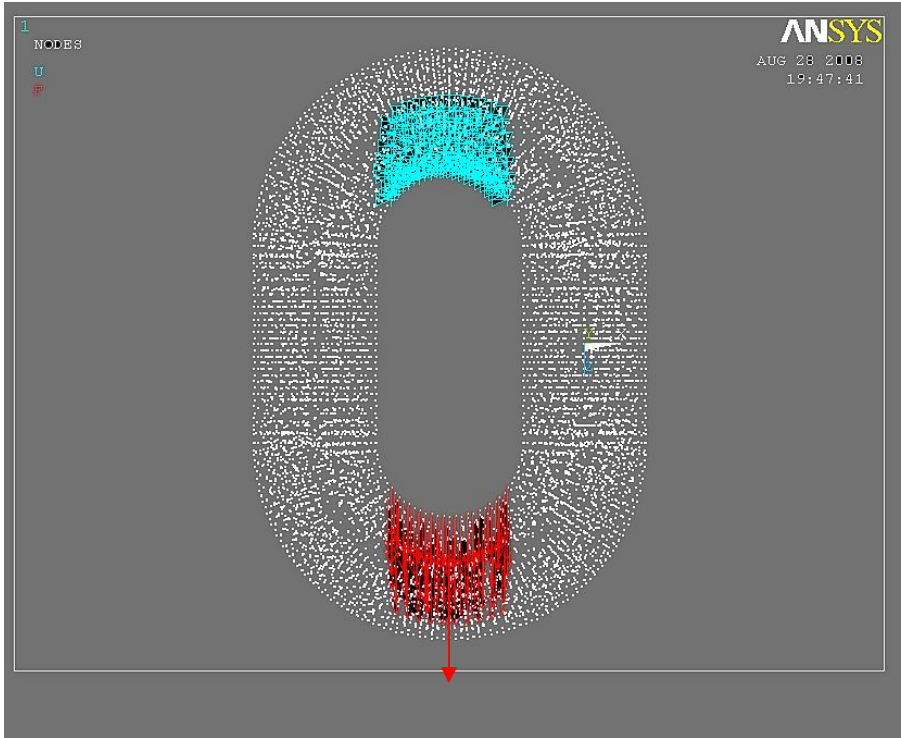
Yakma alın kaynağı kaynak makinesinde sabit parametrelerde üretilen sıyırma, sıyırmasız ve presli - sıyırmasız zincir baklaları çekme deneyinde baklaların hiçbiri kaynak bölgesinden kopmamış ve üretim farklılığının kaynak bölgesinin dayanımına herhangi bir etkisi olmamıştır. Buna göre nominal çapı 10 mm zincirin mukavemet hesabı yapılmıştır. Hesaplanan kuvvet değerleri karşılaştırmasını ve uygulanan fazla kuvvet değerlerine göre zincir deformasyonu görmek için ANSYS ile analiz yapılmıştır. Kaynak analizi ANSYS’de güvenli bir şekilde yapılamamaktadır. Bunun yerine malzemenin belli oranda zayıfladığı kabulü ile normal malzeme analizi yapılmıştır. Bu sebepten zincir baklası kaynaklı olarak modellenecek çıkan sonuçlar % 20 mukavemet azalmasına (Bozacı, 1989) göre değerlendirilecektir.

ANSYS’de malzeme özellikleri olarak Çizelge 5.8’de verilen değerler kullanılmıştır. Kuvvet birimi N, uzama birimi olarak  $\mu$  seçilmiştir. Modelleme için element tipi Solid 45 seçilmiştir. Von mises gerilmeleri ve Z yönündeki uzamalar hesaplanmıştır. Malzeme lineer elastik izotropik özellikler gösterecek şekilde modellenmiştir. Geometri oluşturulurken zincir baklasının dairesel kesitten geçen eksen çizilmiş ve kesit et kalınlığı daire olarak oluşturulmuştur. Daha sonra bu kesit alanı tüm çevre boyunca bulunan eksen üzerinde süpürülmüştür. Ardından mesh örme işlemine geçilmiştir. Mesh yoğunluğunu ayarlamak için her bir elementin kenar uzunluğu 0,5 mm alınmıştır. Tüm zincir baklası içerisinde bu elemetten 66115 tane element oluşturulmuştur. Geometrik model tamamlanınca yükler uygulanmıştır. Bu amaçla zincirin üst kısmının içe bakan kısmındaki node’lar seçilmiş ve zincir buralardan sabitlenmiştir. Tam alt simetrisinde bulunan ve zincirin iç kısmına bakan genişliği 10 mm olan kısımdaki node’lara kuvvet uygulanmıştır. Ardından çözüme geçilmiş ve Pentium 4 Core 2 Due işlemcili bir bilgisayarda çözüme ulaşması 10 CPU saniye zaman almıştır. Çözüm tamamlandıktan sonra sonuçların incelenmesine geçilmiştir.

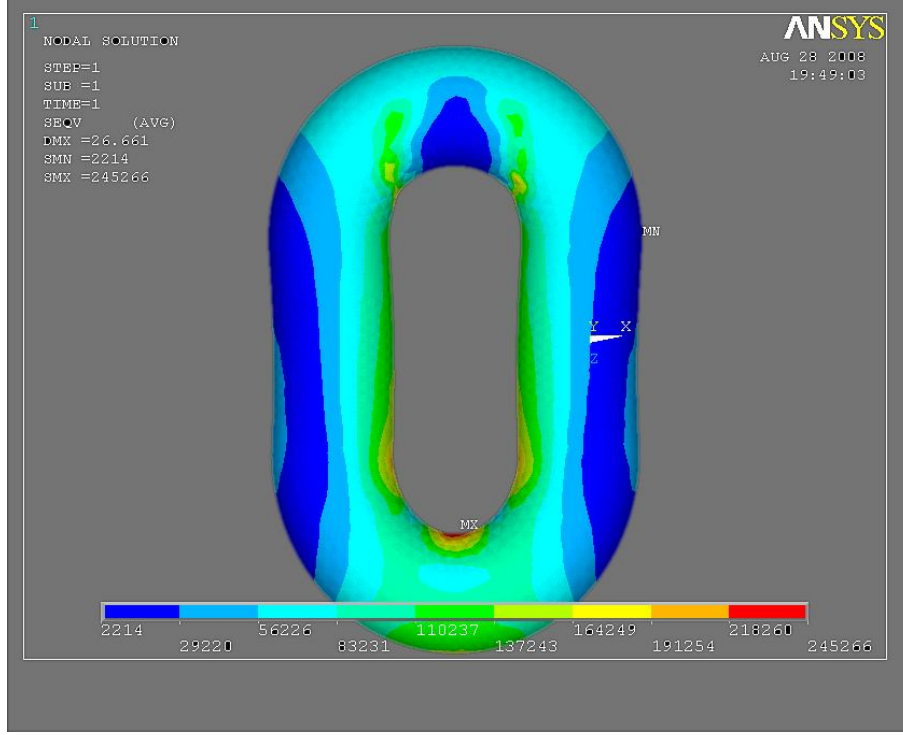
Zincirin Şekil 5.17’de element yapısı, Şekil 5.18’de node yapısı, yükler ve sabitleme durumu verilmiştir. Analizde kuvvetler 40000N, 50000N, 60000N ve 70000N alınmıştır. Gerilme değerlendirmeleri Von mises’e göre yapılmıştır. Uzamalar için Z yönü seçilmiştir. Şekiller 5.19, 5.20, 5.21 ve 5.22’de uygulanan kuvvetlere göre Von mises analiz sonuçları verilmiştir.



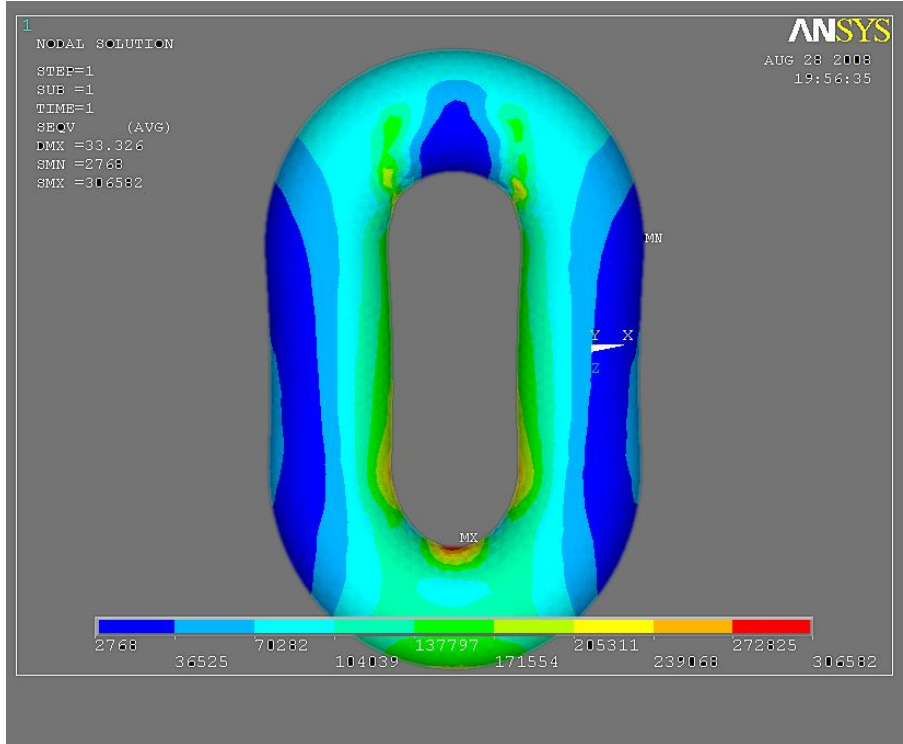
Şekil 5.17 Zincirin element yapısı.



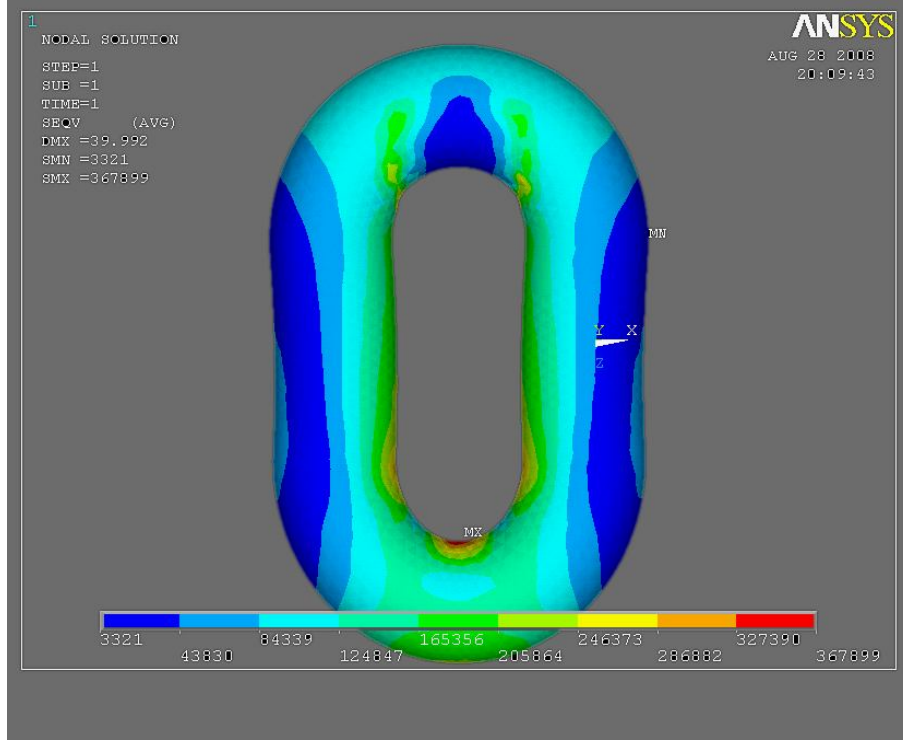
Şekil 5.18 Zincirin node yapısı, yükler ve sabitleme durumu.



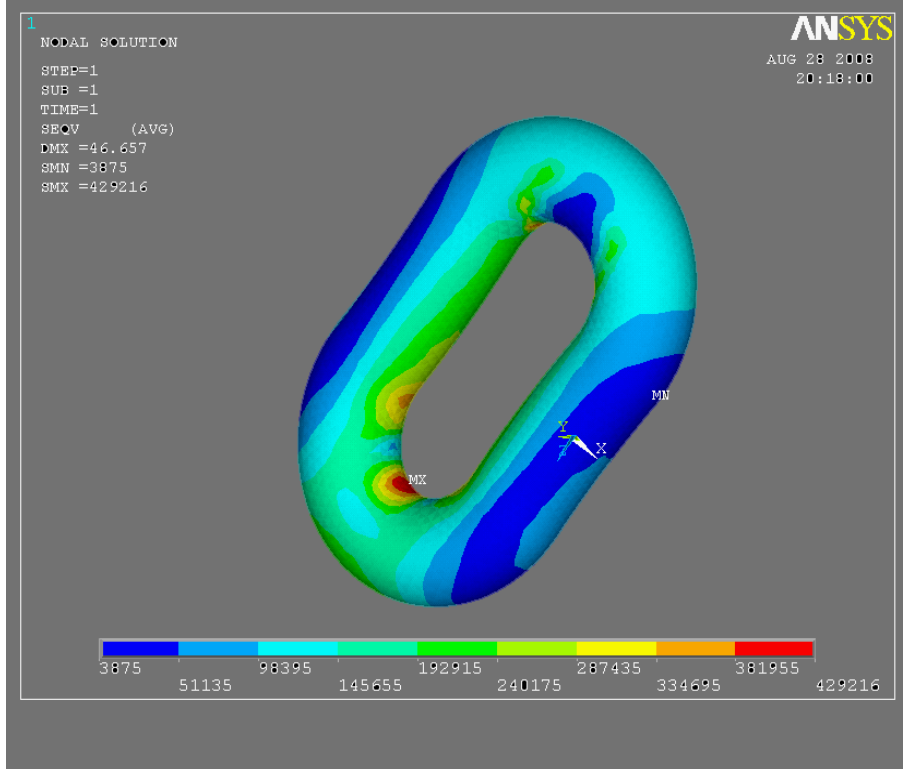
Şekil 5.19 Uygulanan 40000N kuvvete göre Von mises gerilme değerleri (kPa).



Şekil 5.20 Uygulanan 50000N kuvvete göre Von mises gerilme değerleri (kPa).

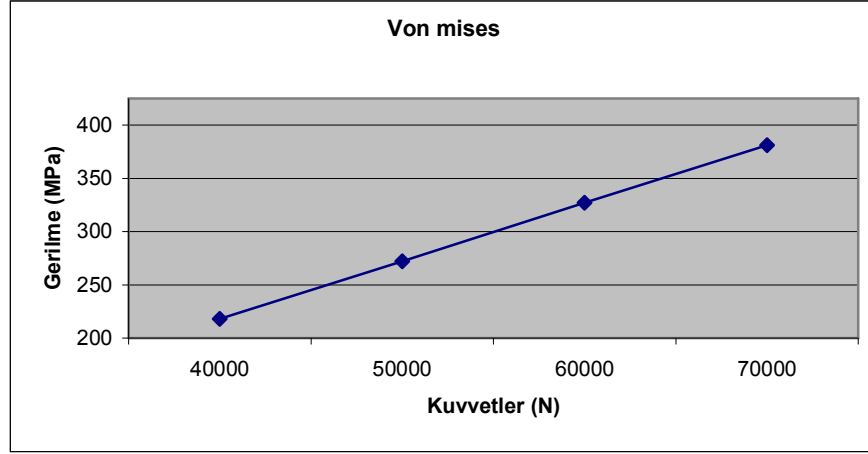


Şekil 5.21 Uygulanan 60000N kuvvete göre Von mises gerilme değerleri (kPa).



Şekil 5.22 Uygulanan 70000N kuvvete göre Von mises gerilme değerleri (kPa).

Şekil 5.23'de uygulanan kuvvetlere göre Von mises gerilme değerler grafiği görülmektedir.



Şekil 5.23 Uygulanan kuvvetlere göre Von mises değerler grafiği.

Von mises gerilmelerinin gösterildiği Şekiller 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 ve 5.23 incelendiğinde zincir baklasının en kritik yerinin baklanın alt uç iç kısmı olduğu görülmektedir (Şekil 5.22, 381 – 429 MPa). Daha sonra baklanın yan iç taraflarında daire çeyrek noktalarına yakın bölgeler olduğu anlaşılmıştır (Şekil 5.22, 334 – 381 MPa). Bu duruma göre malzemenin ilk kopmaya başlayacağı yer zincir baklasının ana malzeme alt uç iç ve hemen yanındaki çeyrek noktanın bulunduğu kısım olacaktır. Bu durum yapılan deneylerde de görülmüştür (Şekil 5.14) Şekil incelendiğinde zincir baklasının alt uç iç kısımdan koptuğu ve çeyrek noktadan da plastik hale gelip uzadığı görülmektedir.

Zincir baklası orta kısmındaki kaynak bölgesi gerilme değerleri incelendiğinde kopmanın oluştuğu uç değerlere göre daha küçük olduğu görülmektedir. Kaynak bölgesine göre oluşan gerilme değerleri Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Kaynak bölgesine göre oluşan gerilme değerleri.

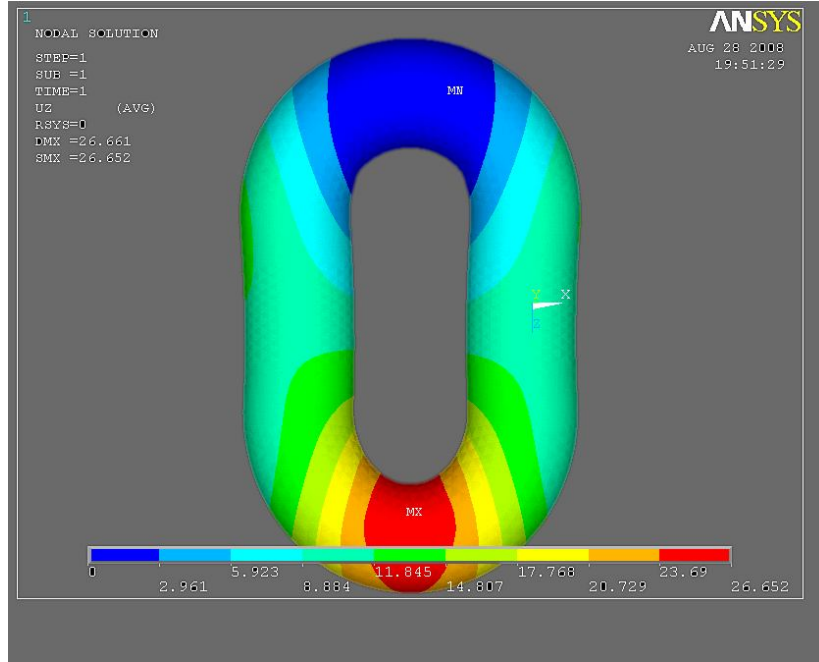
Uygulanan Kuvvet (N)	$\sigma_{kopma}$ (MPa)	Düşürülmüş Kaynak Bölgesi Gerilmeleri (% 20, Bozacı, 1989)
40000	137 – 164	109 – 131
50000	171 – 205	136 – 164
60000	205 – 246	164 – 196
70000	240 – 287	192 – 230

Görüldüğü gibi uygulanan kuvvetler için kaynak bölgesinde oluşan gerilmeler malzemenin diğer bölgelerine göre düşük olduğu görülmektedir. Örneğin 70000 N’luk kuvvet için

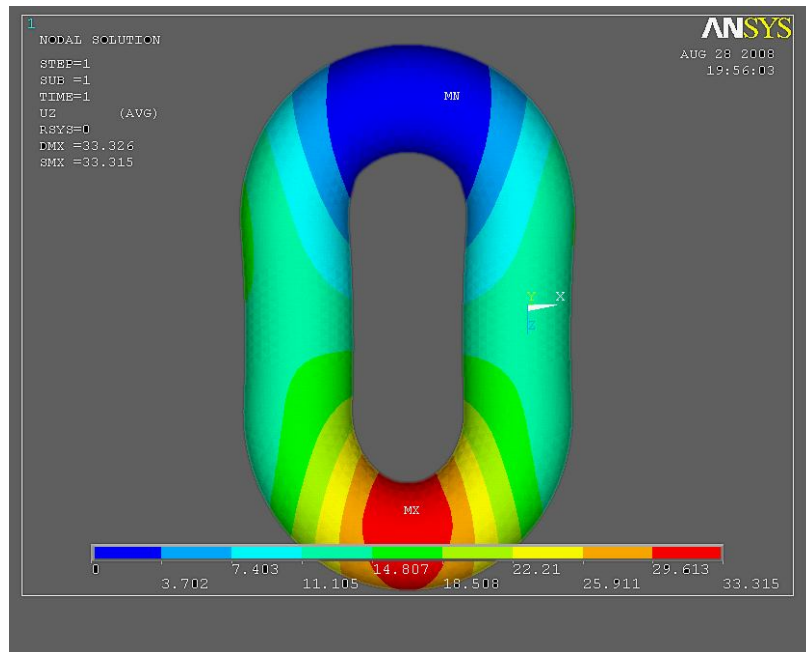


malzemenin uç (iç) bölgesinde 381 MPa olurken, kaynak bölgesinde düşürülmüş olan gerilme değeri 192 MPa olmaktadır. Malzemenin kopma gerilmesi 340 MPa ise bu durumda kopma kaynak bölgesinden değil uç bölgeden olacaktır.

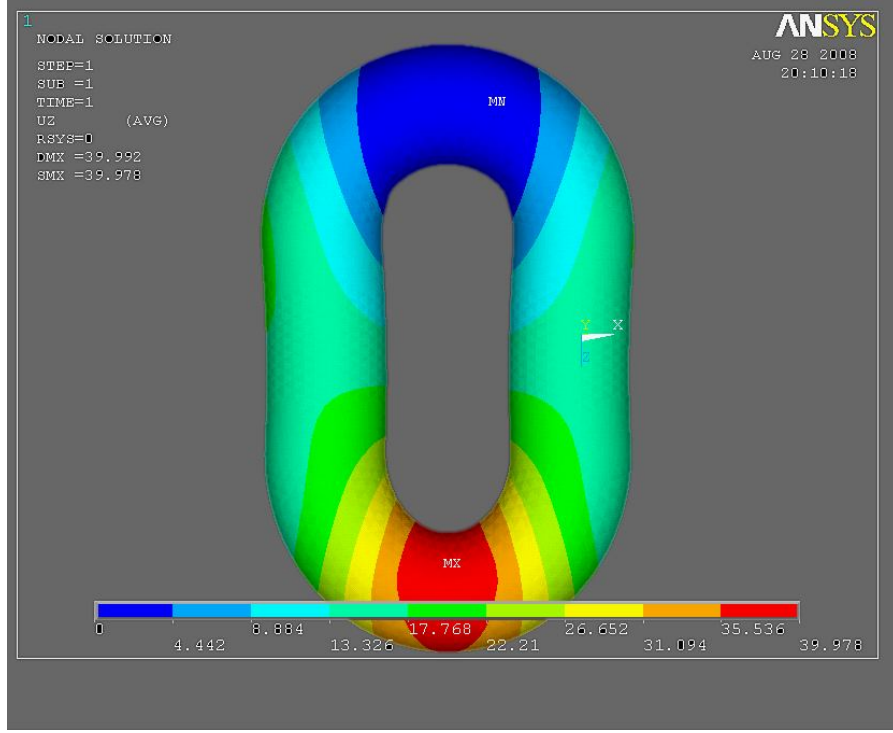
Şekil 5.24, 5.25, 5.26 ve 5.27’de kuvvetlere göre Z yönündeki uzamaların analiz sonuçları verilmiştir.



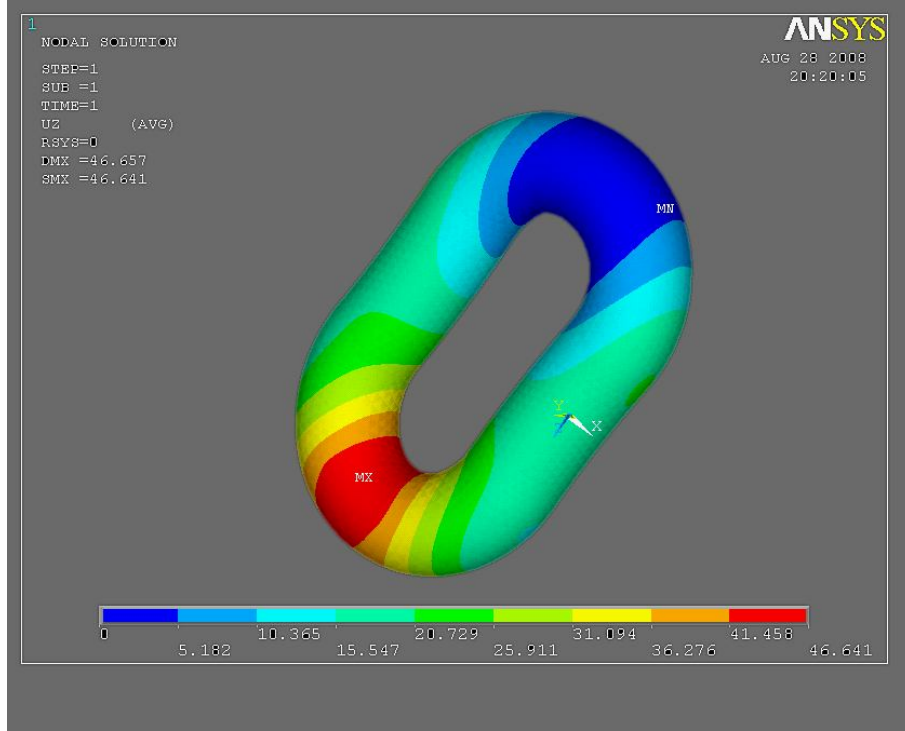
Şekil 5.24 Uygulanan 40000 N kuvvete göre Z yönündeki uzamalar.



Şekil 5.25 Uygulanan 50000 N kuvvete göre Z yönündeki uzamalar.



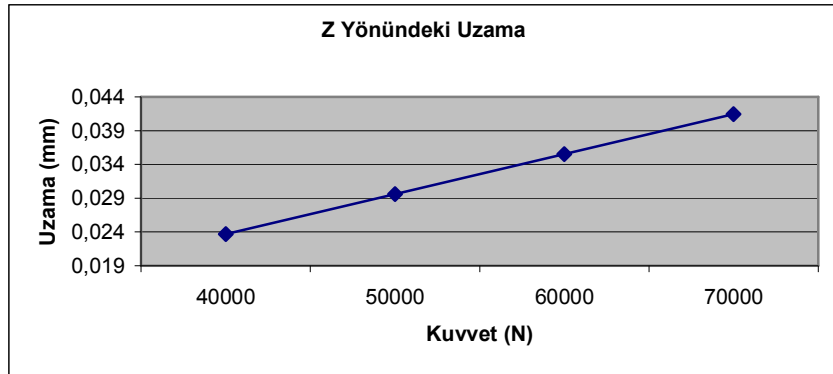
Şekil 5.26 Uygulanan 60000 N kuvvete göre Z yönündeki uzamalar.



Şekil 5.27 Uygulanan 70000 N kuvvete göre Z yönündeki uzamalar.

Şekil 5.28'de uygulanan kuvvetlere göre Z yönündeki uzama değerler grafiği verilmiştir. Buradaki uzama değerleri nümerik hesaplama ile (sonlu elemanlar analizi) bulunmuş değerlerdir. Kullanılan ANSYS programında malzemenin akma ve kopma bölgesini

hesaplama imkanı yoktur. Bu nedenle grafik lineer çıkmıştır. Gerçekte akma ve kopma bölgelerinde oluşan gerilmeler ile malzemenin akma ve kopma dayanım gerilmeleri karşılaştırılarak bulunur. Bu karşılaştırma sonucu akma bölgesinin olduğu kuvvet bulunur ve bulunan bu kuvvete karşılık gelen uzama miktarı bize son lineer uzama sınırını gösterir. Malzemenin akma mukavemet gerilmesi 285 MPa olarak verilmiştir. Şekil 5.20 incelendiğinde zincir baklasında oluşan maksimum von mises gerilmesi 272 – 306 MPa civarında gözükmektedir. Bu gerilmeyi oluşturan kuvvet ise 50000 N'dur. Buradan anlaşılacağı üzere 50000 N üzerine çıkan bir kuvvet malzemenin şeklinde, Şekil 5.20'de gösterilen bazı bölgelerinde akmaya sebep olacaktır. O zaman Şekil 5.28'de verilen grafiğin geçerli olacağı lineer bölge 50000 N sınırındadır. Buna karşılık gelen uzama 0,029 mm'dir. Bu uzamadan daha fazla uzamalar pratikte bir anlam ifade etmez. Buradan anlaşılacağı üzere zincir baklamız 50000 N kadar yükü güvenle taşımakta bundan sonrası için oluşan gerilmeler akma sınırını geçmekte ve meydana gelen uzama 0,029 mm civarında olmaktadır.



Şekil 5.28 Uygulanan kuvvetlere göre Z yönündeki uzama değerler grafiği.

Z yönündeki uzamaların gösterildiği Şekil 5.24, 5.25, 5.26, 5.27 ve 5.28 incelendiğinde zincir baklasında en çok uzayan kısmın doğal olarak baklanın en alt kısmı olduğu görülmektedir (Şekil 5.27; 0,041 – 0,046). Çünkü zincir baklasının bir kısmı sabitlenmiştir. Diğer kısmındaki uzamalar, sabit olan kısma göre fazlaca yer değiştirecek ve uzama oranları bu bölgelerde yüksek olacaktır (Şekil 5.27). Bu durum yapılan deneylerde de görülmüştür (Şekil 5.14). Şekil incelendiğinde zincir baklasının baklanın alt kısmında koptuğu ve çeyrek noktadan da plastik hale gelip uzadığı görülmektedir.

### **5.3 İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL'ÜN ZİNCİR ÜRETİMİNE UYGULANMASI VE ANALİZLERİ**

Yukarıdaki ANSYS analiz uygulaması ile beraber işletmede İSK uygulamaları da yapılmıştır. İlk uygulama olarak nominal çapı 10 mm zincirin üretimindeki kontrol dışı durumlar için tespit edilen İSK metotları ve ikinci uygulama olarak ise tüm zincirlerin üretimde kullanılan tüm makinelerin duruş sebepleri için tespit edilen İSK metotları uygulanmıştır.

#### **5.3.1 Şubat 2007 (İlk Veriler) Verilerine Göre Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde Yakma Alın Kaynağı Sonrası Kontrol Dışı Durumların Tespiti**

Şubat 2007 (ilk veriler) verilerine göre nominal çapı 10 mm SAE 1008 zincirin yakma alın kaynağı sonrası kontrol dışı durumların tespiti için aşağıdaki uygulamalar yapılmıştır. Çalışmada, iki ay içerisinde üç aşamalı veri toplama, değerlendirme ve süreç yorumlama faaliyeti yürütülmüştür.

##### **5.3.1.1 Sürecin Tanımlanması**

Süreçler arasında yer alan, en çok üretilen ve gerek tasarımı gerekse üretimi işletme tarafından gerçekleştirilen çekme deneyi ve ölçüye getirme işlemi yapılmış DIN 766 Yuvarlak Çelik Baklalı Zincir çeşitlerinden nominal çapı 10 mm zincir seçilmiştir. Üretim süreç şeması incelenmiştir. Nominal çapı 10 mm zincire ait üretim süreç şeması Ek C'de verilmiştir.

##### **5.3.1.2 Kontrol Edilecek Özelliğin Belirlenmesi**

Zincir imal eden bu işletmede her vardiyada bir veya birkaç defa, yakma alın kaynağı sonrası rassal olarak alınan zincir baklalarına, çekme deneyi yapılmaktadır. Çekme deneyinde nominal çapı 10 mm zincir baklaları 32000 N'luk çekme kuvvetinde kaynak bölgesinden kopmaması ve herhangi bir defermasyon olmaması gerekmektedir. Çünkü kaynak bölgesi emniyetli bir şekilde 32000 N'luk kuvveti taşıyabilmeli ve bu kuvvette çalışabilmelidir. Uygulanan kuvvetin devamında ise zincir baklası 50000 N'luk kuvvete kadar da kaynak bölgesinden kopmaması gerekmektedir. Çünkü zincir kaynak bölgesinin minimum kopma kuvveti 50000 N'dur. Deneyler sonrasında zincirin istenen çekme kuvvetlerine dayanması ve iç boyu ölçülerinin standart ölçülere uygun olması

gerekmektedir. Eğer zincir baklası çekme deneyi kuvvetlerine dayanmaz ve istenen ölçü standartlarına uygun olmaz ise bükme makinesine kalıp ayarı, kaynak makinesine ise parametre ayarlarının tekrar yapılması gerekmektedir. Buda bükme ve kaynak makinesinde üretim süre kaybını, malzeme üretim kaybını ve üretim maliyet kaybını arttırmakta, zamanında üretim ve teslimat yapılmasını engellemektedir.

Zincir baklasının bükme kalıbı çıkış standart ölçü yeri sembolleri Şekil 5.1’de ve bükme çıkışı standart ölçü değerleri Çizelge 5.1’de, yakma alın kaynak çıkış standart ölçü yeri sembolleri Şekil 5.2’de ve yakma alın kaynağı çıkışı standart ölçü değerleri Çizelge 5.2’de verilmiştir. Şubat 2007 verilerinin alındığı zaman yapılan çekme deneylerinde kopmayan zincir baklalarına göre tespit edilen nominal çapı 10 mm zincir için yakma alın kaynağı kaynak makinesi kaynak parametreleri değer aralığı Çizelge 5.12’de verilmiştir. Parametreler malzeme sertliğine göre de değişmektedir. Çizelge 5.13’de Şubat 2007 verilerinin alındığı zamanda malzeme sertliğine göre tespit edilen kaynak parametreleri verilmiştir.

Çizelge 5.12 Nominal çapı 10 mm zincir için yakma alın kaynağı kaynak makinesi kaynak parametreleri.

Kaynak Parametreleri	Değer Aralığı
Voltaj	2 - 3 V
Akım Şiddeti	30 - 32 A
Akım Zamanı	1,5 - 2,2 sn
Ön Isıtma Zamanı	1,5 - 4 sn
Temas Zamanı	1 - 2 sn
Çene Baskı Kuvveti	1,3 - 3,5 Bar
Makine Basıncı	4 - 8 Bar

Çizelge 5.13 Nominal Çapı 10 mm zincir için malzeme sertlik değerlerine göre kaynak parametreleri.

Malzeme Sertlik Değerlerine Göre Parametreler		
	7. Gün	11. Gün
Sertlik Değerleri	5 HRC	7 HRC
Kaynak Parametreleri		
Voltaj	3 V	3 V
Akım Şiddeti	30 A	30 A
Akım Zamanı	1,8 sn	2 sn
Ön Isıtma Zamanı	3 sn	3 sn
Temas Zamanı	1,2 sn	1,4 sn
Çene Baskı Kuvveti	2,5 Bar	3 Bar
Makine Basıncı	6 Bar	6 Bar

İmalatı biten zincirler, bakla iç ölçülerinin eşitlenmesi için 0,5 m boyundaki zincir halkaları 32000 N çekme yüküne maruz bırakılarak ölçüye getirme işlemi yapılmaktadır. Zincir baklasının ölçüye getirme işlemi çıkış standart ölçü yeri sembolleri Şekil 5.3'de ve ölçüye getirme işlemi çıkış standart ölçü değerleri Çizelge 5.4'de verilmiştir. Eğer zincir baklalarının yakma alın kaynağı istenen standartlarda olmaz ise ölçüye getirme işleminde zincir baklaları kopmaktadır.

Buda ölçüye getirme işlemde, üretim süre kaybını, malzeme üretim kaybını ve üretim maliyet kaybını arttırmakta, zamanında üretim ve teslimat yapılmasını engellemektedir.

Buna göre imal edilen nominal çapı 10 mm zincirin yakma alın kaynağı sonrası, çekme deneyi ve ölçüye getirme işlemi yapılmadan önce bakla iç boyu ölçüsünün  $27,5 \pm 0,5$  mm olması gerekmektedir. Bu nedenle çalışma yakma alın kaynağı işlemine odaklanmıştır. İstenen ölçünün elde edilmemesinde karşılaşılan sorun kaynağı sebepleri ile tespit edilmiş ve üretim süre kayıp analizi, malzeme üretim kayıp analizi ve üretim maliyet kayıp analizi yapılmıştır.

### **5.3.1.3 Ölçü Aletlerinin Seçimi, Test ve Kalibrasyonu**

Ölçümlerde 1/20'lik kumpaslar kullanılmıştır. Kumpasların kalibrasyonu her yıl Ata Kalibrasyon Sanayi ve Ticaret Limitet Şirketi'ne yaptırılmaktadır.

### **5.3.1.4 Örnekleme Büyüklüğü ve Sıklığı**

Günlük üretim içinden zincir iç ölçü değeri kumpasla her vardiyada aynı personel tarafından ortalama 1 saat aralıklarla rassal olarak 8 alt grup ve her alt grupta 5 örnekleme büyüklüğünde ölçüm yapılmıştır. İşletme imalat mühendisi ve imalat şefinin de olumlu görüşü alınmıştır. Buna göre bu çalışmada, işletmeden rassal olarak alınan niceliksel veriler Şubat 2007'de yapılan 23 günlük ölçümler kullanılmıştır. Ölçüm verileri EK E'de verilmiştir. Ölçüm yapılan parçaların düzenli olarak işlem gören / üretilen parçalar olması hedeflenmiştir. Ölçümler sırasında veriler düzenli olarak veri toplama formlarına kaydedilmiştir. Kullanılan veri tablosu EK D'de verilmiştir. Veri tablosu konusunda eğitim verilmiş, bu tablonun kullanımı sırasında yanlarında bulunulmuştur.

Ölçümlerin kaydı sırasında süreçte karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların nedenleri de kayda alınmıştır. Tüm süreç şartlarının kayıtları form numarasına ve tarihe göre tutulmuştur. Böylelikle izlenebilir ve tekrar edilebilir bir kaliteye ulaşabilirlik sağlanmıştır.

#### **5.3.1.5 İstatistiksel Süreç Kontrol Metodunun Seçimi**

İşletme sürecinde tespit edilen sorunun incelenmesi, sebeplerinin araştırılması ve çözüm bulunması için İSK yöntemlerinden, niceliksel verilerin değerlendirilebileceği yöntemler kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi İSK programlarından “Custom / QC İstatistik Programı” ile yapılmıştır. Programla Histogram, X-R Kontrol Grafiği, X-S Kontrol Grafiği ve Süreç Yeterlilik Analizi metodlarının uygulaması ve yorumlaması yapılmıştır. Sebep-Sonuç Grafiği ve Makine Yeterlilik Analizinin değerlendirilmesi ise Excel’de hazırlanan İSK programı ile yapılmıştır. Programda 4.25, 4.26, 4.27 eşitlikleri kullanılmıştır.

X-S kontrol grafikleri, örneklem hacminin 10’dan fazla olması durumunda kullanılmaktadır. Örneklem hacminin bu değerden az olması halinde ise X-R kontrol grafikleri tercih edilmektedir. Bizim çalışmamızda örneklem hacmi 5’dir. Uygulamasını yapmak ve daha iyi netice alabilmek için, X-S kontrol grafiği de kullanılmıştır.

Makine yeterlilik çözümlemesi için, aynı süreç şartlarında (aynı operatör, homojen hammadde, kesintisiz çalışma, vb.) verilerin toplanması gerekmektedir. Burada makinenin yeterliliği hakkında bilgi sahibi olabilmek, uygulamasını yapmak ve daha iyi netice alabilmek için bu şart göz ardı edilerek veriler alınmıştır.

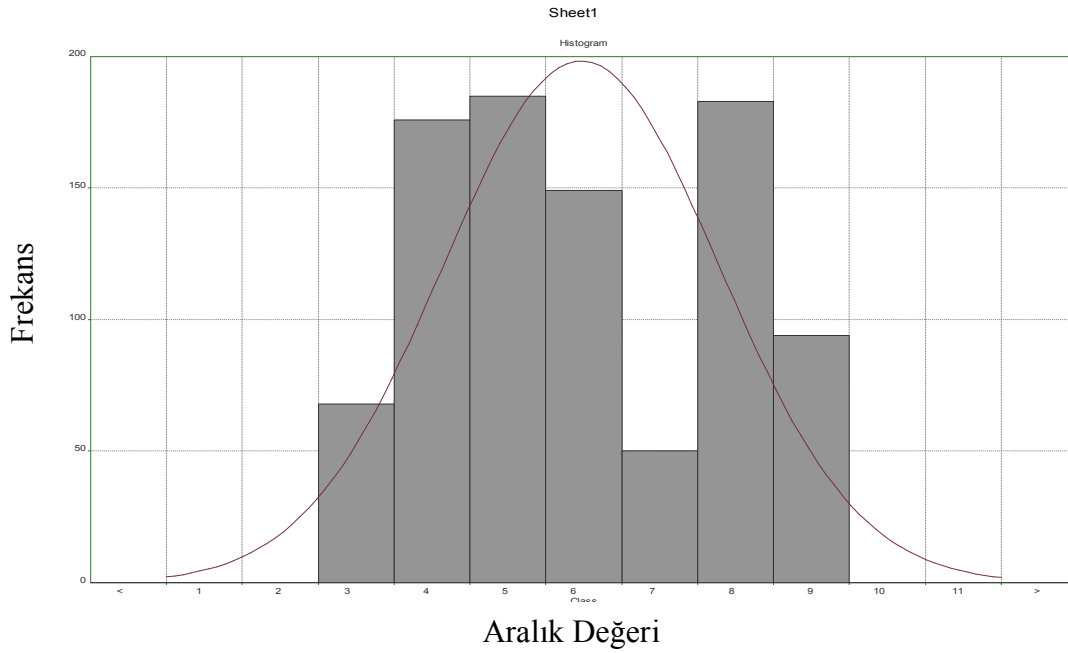
#### **5.3.1.6 Histogram**

Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Histogram analizi Çizelge 5.14’de verilmiştir.

Çizelge 5.14 Şubat 2007 verilerine göre Histogram analizi.

Sıra No	Frekans	Yüzde	Alt Sınır	Merkez	Üst Sınır
1	0	0,000	27,2135	27,2545	27,2955
2	0	0,000	27,2955	27,3365	27,3775
3	68	7,514	27,3775	27,4185	27,4595
4	176	19,448	27,4595	27,5005	27,5415
5	185	20,442	27,5415	27,5825	27,6235
6	149	16,464	27,6235	27,6645	27,7055
7	50	5,525	27,7055	27,7465	27,7875
8	183	20,221	27,7875	27,8285	27,8695
9	94	10,387	27,8695	27,9105	27,9515
10	0	0,000	27,9515	27,9925	28,0335
11	0	0,000	28,0335	28,0745	28,1155
Descriptive Statistics					
Ortalama	27,662	Aralık	0,550	Maksimum	27,950
Standart Sapma	0,149	Minimum	27,400		

Şubat 2007 verileri ile oluşturulan Histogram Şekil 5.29’da verilmiştir.



Şekil 5.29 Şubat 2007 verilerine göre histogram.

Şubat 2007 verilerine göre oluşturulan histogram, verilerin dağılım yapısını göstermektedir. Histogramda veriler normal dağılımdan beklenen şekilde sınırların içine düşmüştür. Normal bir dağılım vardır. Ancak süreç de değişkenlik fazladır. Bu değişkenlik sürecin ortalamasının zaman içerisinde değişmesinden kaynaklanıyor olabilir. Şubat 2007



verileri 27,50 - 27,90 aralığında dağılmıştır. Standart sapma değeri 0,149'dur. Ayrıca dağılım, fabrika imalat toleransında üst tolerans sınırına daha yakındır. Bu durum imalat sürecinde olabilecek küçük bir değişikliğin ıskarta olasılığını artırmaktadır.

### 5.3.1.7 Kontrol Grafikleri

Elde edilen Şubat 2007 verilerine ölçülebilir verilerin değerlendirilmesinde kullanılan kontrol grafiklerinden X-R kontrol grafiği ve X-S Kontrol grafiğinin uygulaması yapılmıştır.

#### X-R Kontrol Grafiği

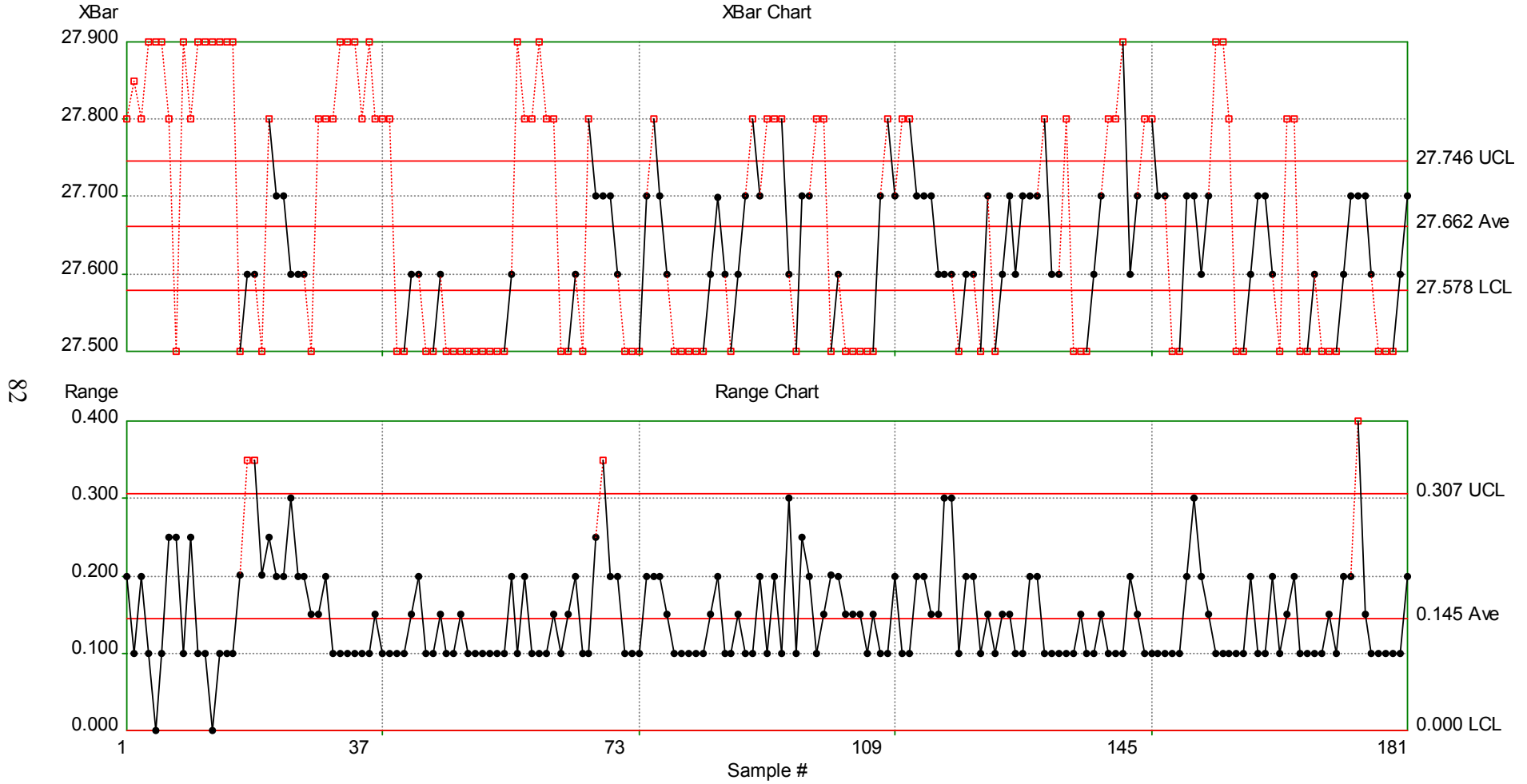
Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen X-R Kontrol Grafiği değerleri Çizelge 5.15'de verilmiştir.

Çizelge 5.15 Şubat 2007 verilerine göre X-R Kontrol Grafiği değerleri.

Kontrol Limitleri	X Kontrol Grafiği	R Kontrol Grafiği
AKL (UCL)	27,746	0,307
MÇ (Ave)	27,662	0,145
ÜKL (LCL)	27,578	0,000

Elde edilen verilere göre oluşturulan X - R kontrol grafikleri Şekil 5.30'da verilmiştir. Şekiller üzerinde belirtilen; UCL – Üst kontrol limiti, LCL – Alt kontrol limiti, Ave – Merkez çizgidir. Şubat 2007 verilerine göre oluşturulan X-R kontrol grafiklerinde kontrol dışı durumlar tespit edilmiştir. X kontrol grafiğinde süreç ortalamasının zaman içerisinde aşağı / yukarı dalgalandığı görülmektedir. Süreç değişkenliği genellikle kontrol limitleri içerisinde kalmasına karşın bazı verilerde yüksek değişkenlik görülmüştür. Bu durum hem süreç ortalamasının, hem de süreç değişkenliğinin kontrol altında olmadığı göstermiştir. Sürece müdahale edilmiş ve özel nedenler araştırılarak giderilmeye çalışılmıştır.

# Sheet1



Şekil 5.30 Şubat 2007 verilerine göre X-R kontrol grafiği (23 günlük).

## X-S Kontrol Grafiği

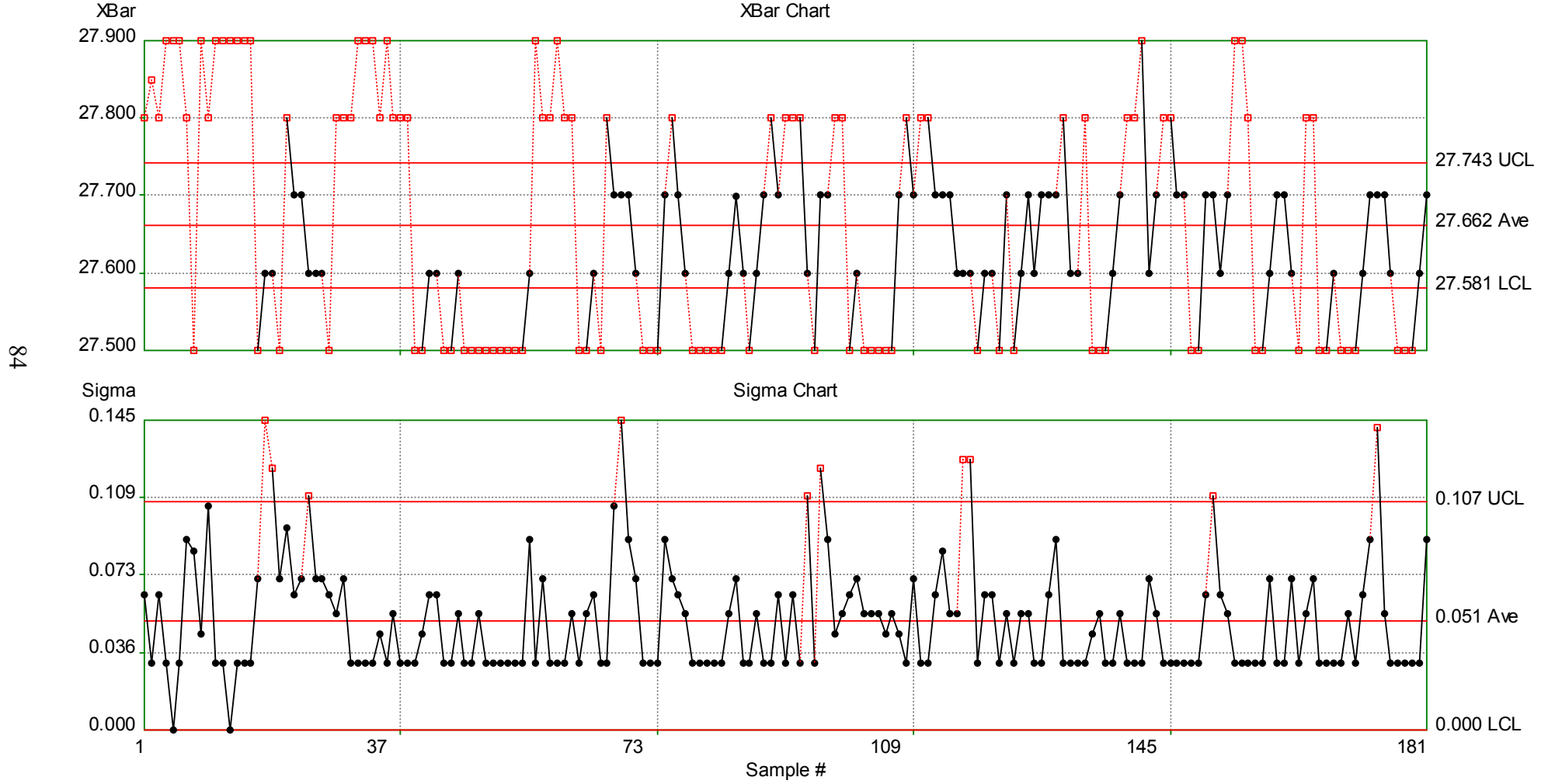
Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen X-S Kontrol Grafiği değerleri Çizelge 5.16'da verilmiştir.

Çizelge 5.16 Şubat 2007 verilerine göre X-S Kontrol Grafiği değerleri.

Kontrol Limitleri	X Kontrol Grafiği	S Kontrol Grafiği
AKL (UCL)	27,743	0,107
MÇ (Ave)	27,662	0,051
ÜKL (LCL)	27,581	0,000

Elde edilen verilere göre oluşturulan X-S kontrol grafikleri Şekil 5.31'de verilmiştir. Şubat 2007 verilere göre oluşturulan X-S kontrol grafiklerinde kontrol dışı durumlar tespit edilmiştir. X kontrol grafiği sreŐ ortalamasının zaman içerisinde aşağı / yukarı dalgalandığı görülmektedir. SreŐ değişkenliği genellikle kontrol limitleri içerisinde kalmasına karşın bazı alt gruplarda yüksek değişkenlik görülmüştür. Bu durumda hem sreŐ ortalaması, hem de sreŐ değişkenliği kontrol altında değildir. Sürece müdahale edilmiş ve özel nedenler araştırılarak giderilmeye çalışılmıştır.

# Sheet1



Şekil 5.31 Şubat 2007 verilerine göre X-S kontrol grafiği (23 günlük).

### 5.3.1.8 Süreç Yeterlilik Analizi

Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Süreç Yeterlilik Analizi değerleri Çizelge 5.17’de verilmiştir.

Çizelge 5.17 Şubat 2007 verilerine göre Süreç Yeterlilik Analizi değerleri.

Süreç Yeterlilik Analizi	
AT (Lsl)	27,000
ÜT (Usl)	28,000
Nominal	27,500
Ortalama	27,662
$C_p$	1,117
$C_{pl}$	1,478
$C_{pu}$	0,756

Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerine göre süreç yeterlilik analiz ortalaması = 27,662;  $C_p = 1,117$ ;  $C_{pl} = 1,478$  ve  $C_{pu} = 0,756$  olarak bulunmuştur. Buna göre bu zaman dilimi içerisinde alınan veriler üretim tolerans limitlerini (27 – 28) çok zorlanarak sağlayabilme yeteneğine sahiptir. Yeterli bir sürecin  $C_p$  ve  $C_{pu}$  değerleri en az 1,33 civarında olması gerekmektedir. Bu sürecin şu anki  $C_p$  değeri 1,117;  $C_{pu}$  değeri ise 0,756’dır. Yani sürecin verilen üretim tolerans sınırlarını zor da olsa sağlama yeteneği vardır. Ancak  $C_{pu}$  değerinin çok düşük olması, sürecin şu an sınırları tam olarak sağlayamadığını göstermiştir. 5.3.1.6 bölümünde verilen histogram analizinde de görüldüğü gibi süreç ortalaması (27,66) üretim üst tolerans sınırına daha yakındır. Dolayısıyla bazı gözlemlerin üretim üst tolerans (28) üzerine çıkma olasılığı vardır.

Ölçüye getirme işlemi sonrası elde edilen Şubat 2007 verileri EK E’de verilmiştir. Verilere uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Süreç Yeterlilik Analizi değerleri Çizelge 5.18’de verilmiştir.

Çizelge 5.18 Şubat 2007 Ölçüye getirme işlemi sonrası verilerine göre Süreç Yeterlilik Analizi değerleri.

Süreç Yeterlilik Analizi	
AT (Lsl)	27,500
ÜT (Usl)	28,500
Nominal	28,000
Ortalama	28,023
$C_p$	1,408
$C_{pl}$	1,473
$C_{pu}$	1,343

Ölçüye getirme işlemi sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerine göre süreç yeterlilik analizi ortalaması = 28,023;  $C_p = 1,408$ ;  $C_{pl} = 1,473$  ve  $C_{pu} = 1,343$  olarak bulunmuştur. Buna göre ölçüye getirme işlemi sonrası yeterlilik değerleri yeterli bir süreçten beklenen minimum  $C_p$  ve  $C_{pu}$  değerlerinin (1,33 veya daha büyük) üzerindedir. Değerler  $C_p=1,408$  ve  $C_{pu} =1,343$ 'dür.  $C_{pu}$ 'nin  $C_p$ 'den biraz küçük olması süreç ortalamasının tam ortada olmadığını bir göstergesidir. Bu durumda süreç ortalaması (ortalama=28,02) üretim üst toleransı değeri olan 28,50'a daha yakındır.  $C_{pu}$  değerinin  $C_{pl}$ 'den küçük olması bunun bir başka göstergesidir.

### 5.3.1.9 Makine Yeterlilik Analizi

Makine Yeterlilik Analizinde kullanılan yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verileri EK E'de verilmiştir. Verilere uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Makine Yeterlilik Analizi değerleri Çizelge 5.19'da verilmiştir.

Çizelge 5.19 Şubat 2007 verilerine göre Makine Yeterlilik Analizi değerleri.

Makine Yeterlilik Analizi	
$X_{ort}$	27,72
$S_{ort}$	0,06
$C_m$	2,864
$C_{mka}$	1,632
$C_{mkü}$	4,095

Elde edilen Şubat 2007 verilerine göre makine yeterlilik analizinde yapılabirlik ( $C_m$ ) indeksi 2,864 ve performans ( $C_{mk}$ ) indeksi 1,632 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Şubat 2007 verilerine göre makine yeterlidir.

### 5.3.2 Şubat 2007 (İlk Veriler) Verilerine Göre Zincir Çeşitlerinin Üretiminde Kullanılan Makinelerin Duruş Sebeplerinin Tespiti

İşletmede Şubat 2007 (İlk veriler) verilerine göre zincir çeşitlerinin üretiminde kullanılan makinelerin duruş sebeplerinin tespiti için aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır.

#### 5.3.2.1 Sürecin Tanımlanması ve Kontrol Edilecek Karakteristiğın Belirlenmesi

İşletmede meydana gelen tüm makinelerin duruşu sebebiyle büyük üretim kaybı olduğu tespit edilmiştir. Çizelge 5.20’de işletmede zincir çeşitlerinin üretiminde kullanılan makineler verilmiştir. On dört ay içinde toplam üretim kaybı üç yüz tondur. Buda toplam üretimin %31,77 demektir. Bu büyük bir orandır. Bu nedenle çalışma zincir çeşitlerinin üretiminde kullanılan makinelerin duruş sebeplerinin tespitine odaklanmıştır. Sorun kaynaklarının sebepleri ile tespit edilmiş ve malzeme üretim maliyet kayıp analizi ve zaman kayıp analizi yapılmıştır.

Çizelge 5.20 İşletmede zincir çeşitlerinin üretiminde kullanılan makineler.

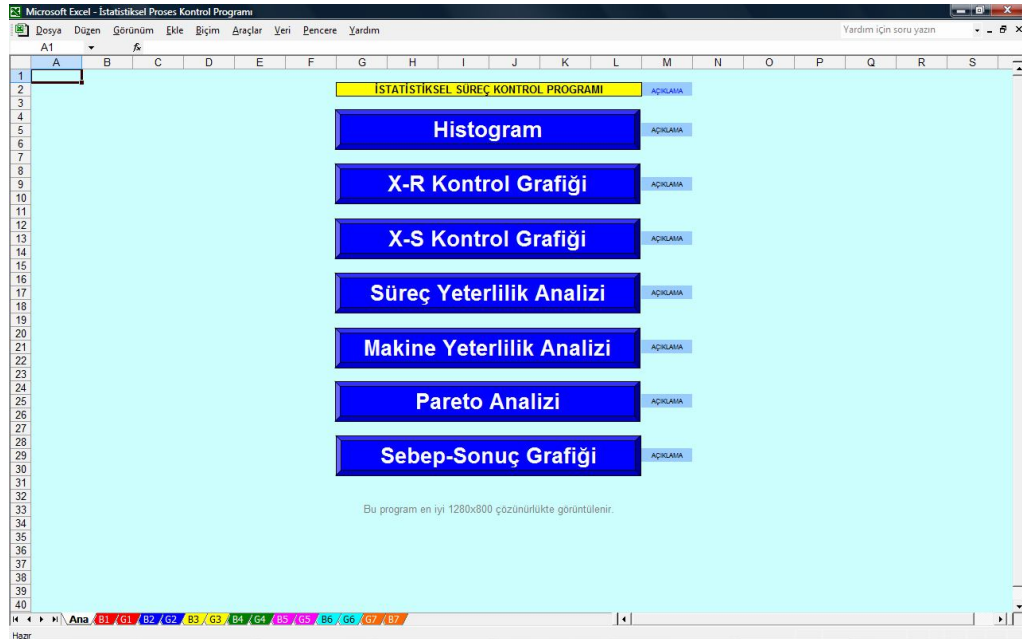
Kullanılan Makineler	
Bükme Makineleri	KEB3.1, KEB3.2, KEB4.1, KEB5, KEB9, KER4, KER5, KER7, KV2BURMA.2A, DUE20, DUT16, KB-6, KB-36
Kaynak Makineleri	KEH3.1, KEH3.2, KEH4, KEH4.1, KEH5, KEH5.1, KEH7, KES60 (2 Adet), KES130 (2Adet), KSA23.2 (MPR), S6.1, S6.2, S12, S18, KSA23M
Ölçme ve Test Aletleri	100 Tonluk Çekme, 35 Tonluk Çekme, Sertlik Ölçme Cihazı, 2000 kg Kantar, 300 kg Kantar, Hassas Terazi, Numune Fırını
Üretime Yardımcı Diğer Makineler	Tel Çekme, Yüksek Fırın, Kuyu Tipi Fırın, Kompresör (2 Adet), Tambur, Presler ve Kesme, 8-35 Tonluk Kalibre, 80 Ton Kalibre, Tel Temizleme Makinesi, Punta 1.2.3, Calaskalar, Kumlama Makinesi, Jeneratör, Forklift, Numune Fırını, Tav Fırını, VE300 Isıtma, Kaplama, Boy Kalibresi.

### 5.3.2.2 Ölçü Aletlerinin Seçimi ve Örneklemeye Büyüklüğü

Uygulamada işletmeden alınan niteliksel veriler kullanılmıştır. Veriler, 14 aylık olmak üzere işletmeden alınan zincir çeşitlerinin üretimi sırasında meydana gelen makinelerin duruş sebepleri ile ilgilidir.

### 5.3.2.3 İstatistiksel Süreç Kontrol Metodunun Seçimi

Tüm makinelerin duruş sebeplerinin incelenmesi, sebeplerinin araştırılması ve çözüm bulunabilmesi için İSK yöntemlerinden, niteliksel verilerin değerlendirilebileceği yöntemler kullanılmıştır. Tüm makine duruşlarına neden olan sebeplerin hepsi birden ortadan kaldırılamaz. Bu yüzden bazı sebeplere öncelik vermek gerekmektedir. Hangi sebeplere öncelik verilmesi gerektiğinin tespiti için Pareto Grafiği, sebeplerin etkin bir şekilde incelenmesi ve nedenlerinin tespiti için Sebep - Sonuç Grafiği kullanılmıştır. Verilerin değerlendirilmesi Excel'de hazırlanan İSK programı ile yapılmıştır. Hazırlanan İSK Excel programının ön yüzü Şekil 5.32'de verilmiştir. Programın ara yüzleri EK F'de verilmiştir.



Şekil 5.32 Hazırlanan İSK Excel programının ön yüzü.



### 5.3.2.4 Pareto Analizi

Pareto Analizinin uygulanmasında tüm zincir çeşitlerinin üretiminde kullanılan tüm makinelerin durma sebepleri ile ilgili elde edilen Şubat 2007 verileri Çizelge 5.21’de verilmiştir. Şubat 2007 verilerine göre tüm makinelerin durmasında etkili olan arıza ve ayar duruş çeşitleri, yüzdesi, duruş süresi ve üretim kayıp miktarları Çizelge 5.22’de ve Çizelge 5.23’de verilmiştir.

Çizelge 5.21 Makinelerin duruş sebepleri ile ilgili Şubat 2007 verileri.

Duruş Sebepleri	Toplam Duruş Süresi	Toplam İçindeki %	Kümülatif %
Arıza	4815,63	52,80	52,80
Ayar	2010,37	22,04	74,84
Kalıp Değişimi	1070	11,73	86,57
Yıllık Bakım	658,7	7,22	93,79
Elektrot Değişimi	423,15	4,64	98,43
Elektrik Arıza	142,77	1,57	100
Toplam	9120,62	100	100

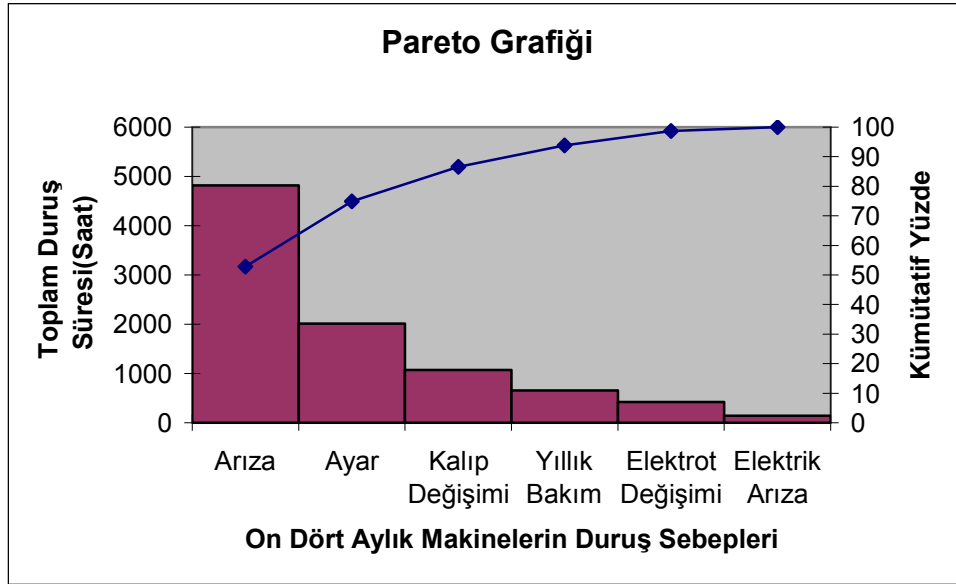
Çizelge 5.22 Arıza duruş çeşitleri, yüzdesi, duruş süresi ve üretim kayıp miktarları.

Arıza Duruşları	Yüzde	Duruş Süresi	Üretim kaybı
	%52,80	4815,68 saat	158,4 ton
Makinelerin kalıp arızası	% 28,56	1375,35	45,23
Kaynak makinesi sıyırma bıçağı arızası	% 17,85	859,59	28,27
Kaynak makinesi elektrot arızası	% 17,85	859,59	28,27
Makinelerin kam ve mil arızası	% 10,71	515,75	16,96
Kaynak makinesi baskı arızası	% 7,15	344,33	11,33
Kaynak makinesi mekanik arızası	% 7,15	344,33	11,33
Makinelerin makara arızası	% 7,15	344,33	11,33
Kompresör arızası	% 3,58	172,41	5,68

Çizelge 5.23 Ayar duruş çeşitleri, yüzdesi, duruş süresi ve üretim kayıp miktarları.

Ayar Duruşları	Yüzde	Duruş Süresi	Üretim kaybı
	%22,04	2010,18 saat	66,12 ton
Kaynak makinesi ayarı	% 37,5	753,81	24,79
Makinelerin yanlış merkezleme ayarı	% 37,5	753,81	24,79
Kaynak makinesi zincir halkası çekici ayarı	% 12,5	251,28	8,27
Alın kaynağı sonrası sıyırma bıçağı ayarı	% 12,5	251,28	8,27

Şubat 2007 verilerine göre oluşturulan Pareto grafiğı Şekil 5.33’de verilmiştir.



Şekil 5.33 Şubat 2007 verilerine göre tüm makinelerin duruş sebepleri için pareto grafiğı.

Söz konusu Pareto Grafiğı tüm makinelerin durmasına sebep olan nedenleri göstermektedir. Şubat 2007 verilerine göre yapılan değerlendirmede makinelerin durmasına neden olan en önemli iki sebep % 52,80 ile arıza duruşu ve % 22,04 ile ayar duruşu olarak tespit edilmiştir. İki sebepten kaynaklanan toplam duruş % 74,84’dür. Bu iki durma sebebinden kaynaklanan üretim kaybı ise toplam üretimin % 23,77’dir. Buna göre tüm makinelerin en az seviyede durması için, arıza ve ayar duruş sebeplerinin araştırılmasında sebep – sonuç grafiğı kullanılmıştır.

### **5.3.3 Şubat 2007 Verilerin Değerlendirilmesinde Uygulanan Sebep - Sonuç Grafiklerinin İncelenmesi**

Şubat 2007 verilerinin değerlendirilmesinde uygulanan İSK metotlarından kontrol grafiklerinin ve pareto analizinin değerlendirilmesinde sebep-sonuç grafiği kullanılmıştır.

#### **5.3.3.1 Kontrol Grafikleri İçin Sebep - Sonuç Grafiği**

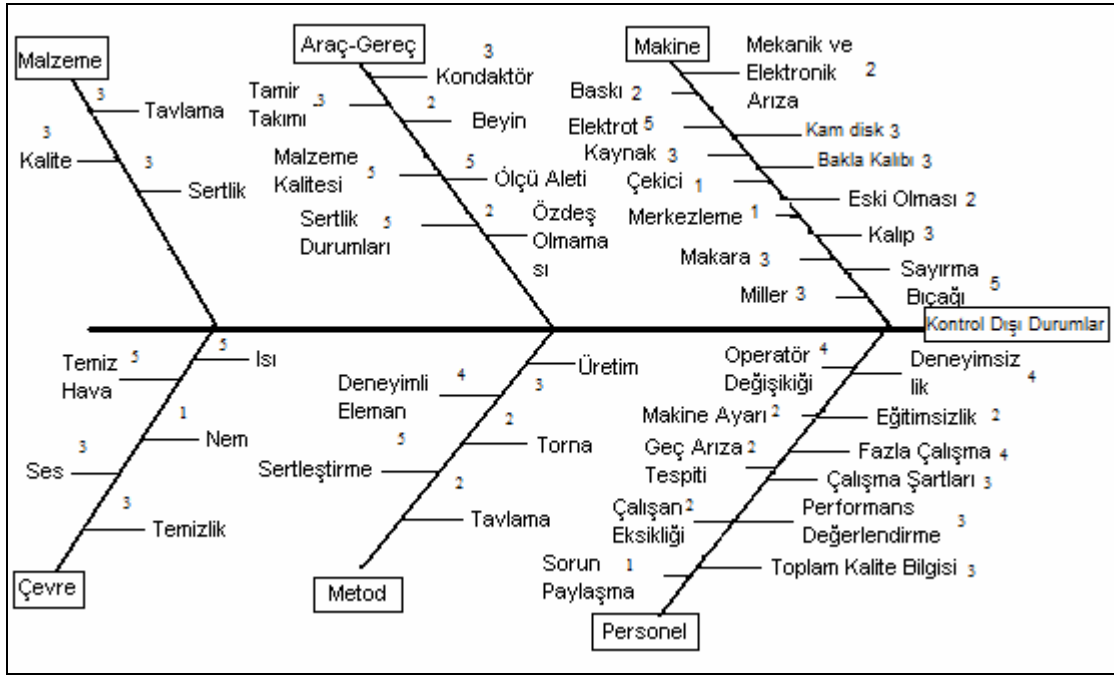
Sebep - sonuç grafiğinde Şubat 2007 (ilk veriler) verilerinden elde edilen Kontrol Grafikleri incelenmiş ve imalatta bazı alt grupların X-R ve X-S grafiklerinde kontrol limitleri dışında olduğu tespit edilmiştir. Verilerin değişkenlik etkenlerinin belirlenmesi gerekmiştir. Bu amaçla yapılacak geliştirme çalışmalarında kullanılmak üzere, ilgililer ile bir Beyin Fırtınası çalışması yapılmıştır. Beyin Fırtınasına beş kişi (Bir İşletme Sahibi, Bir Mühendis, İki Vardiya şefi, Bir Uygulama Sorumlusu) iştirak etmiştir. Çalışma bir buçuk saat sürmüştür. Bu süre içerisinde üç turda her katılımcı söz almıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde beyin fırtınası sırasında katılımcılarla, verilerin elde edilmesi sırasında gözlemlenmeler neticesinde belirlenen, X kontrol grafiklerinin kontrol limitlerinin dışına çıkma sebepleri olarak, malzeme değişikliği, yanlış makine ayarı ve makine ayarındaki değişim, makine takımları, yetersiz makine, alet aşınması, malzeme kalitesindeki değişimler, bakım, gereksiz veya yanlış operatör müdahalesi, ölçümdeki eksiklikler, farklı operatör, operatör yorgunluğu, sürece gereksiz veya hatalı müdahale edilmiş olabileceği ve R kontrol grafiklerin de ise kontrol limitlerinin dışına çıkma sebepleri olarak da tecrübesiz makine operatörü ve makinenin bakım yetersizliğinden kaynaklanabileceği paylaşılmıştır.

Beyin fırtınasında tüm katılımcılar tarafından oy birliği ile makine, araç - gereç, malzeme, personel, metot ve çevre ana sorunlar olarak seçilmiş ve çalışanların fikirleri çerçevesinde ana sorunların kapsamı içindekiler belirlenmiştir. Bazı verilerin kontrol altına alınamama (kontrol limitlerinin dışına çıkma) sebebi olarak gördükleri olası etkenler, katılımcı olan yazman tarafından kaydedilmiştir. Daha sonra her bir etken oylamaya sunulmuş ve her bir etkenin aldığı toplam oy sayısı belirlenmiştir.

Şekil 5.34'deki sebep – sonuç grafiğinde kontrol dışı durumların muhtemel sebepleri oylama sonuçları ile beraber verilmiştir. Bu sebeplerin yeniden oluşumunun önlenmesi

için, en önemli sebeplerin dikkate alınması, önlemler alınarak bu sebeplerin ortadan kaldırılması, sorunun çözümünde faydalı olacağı belirlenmiştir.



Şekil 5.34 Nominal çapı 10 mm zincir baklasında oluşan kontrol dışı durumlar için sebep-sonuç grafiği.

Eğer belirtilen sonuçlara göre çözüm getirilebilirse, kontrol dışı durumların oluşumu azalmış, işletmenin üretim kapasitesi artmış olacaktır. Bunlar;

Makinenin eski olmasından dolayı mekanik ve elektronik ayar sorununun olması, aparat malzemelerinin kalitesizliğinden dolayı sık arıza vermesidir. Bunu önlemek için makinenin yenilenmesi veya bakımının sıklıkla yapılması gerekmektedir. Malzeme alımında işletmenin tedarikçi seçiminin doğru yapılması ve kontrol sürecinin yeniden gözden geçirmesi gerekmektedir.

Araç - gereçlerin kaliteli, uygun, özdeş, tam ve hassas olmamasıdır. Buna göre araç-gereçlerin kalitelilerinin alınmasına veya kaliteli malzemedan yapılmasına, uygun olmasına, özdeş yapılmasına ve alınmasına, tam ve hassas olmasına dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Malzemedeki şekil ve sertlik farklılığı olmasıdır. Özellikle aynı niteliklerde, farklı tedarikçilerden alınan malzemeler için sertlik farklılıkların bulunması işletmenin tedarikçi seçiminin ve kontrol sürecinin yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Operatörün sorumluluklarını yerine getirmemesi; yeterli bakım, takım ömrü takibi yapmaması ve prosedürlere uygun olarak çalışmamasıdır. Bunu önlemek için işletmecinin, personelinin işletme içi eğitimlerle bilgilendirmesi, işletme içi iletişimin artırılması ve bakım prosedürlerine uyumun sağlanması gerektiği belirlenmiştir.

Üretimde sertleştirme ve tavlama yönteminin güncelliğini yitirmesi ve farklılıkları, deneyimli eleman olmamasıdır. Uygulanan üretim yöntemleri tekrar gözden geçirilmeli ve daha modern yöntemler tercih edilmelidir. Deneyimli eleman ve firma eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir.

Çevre temizliğinin, temiz havanın ve soğuk havalarda ısının yeterli olmaması, ses şiddetinin yüksek olması ve nem oranının fazla olması, çalışan personeli olumsuz etkilemektedir. Buna göre çevre temizliğinin düzenli yapılması, temiz hava için klima sayısının artırılması, özellikle soğuk havalarda fabrika ısısının yüksek tutulması için ısıtma sisteminin daha düzenli çalıştırılması, makinelerdeki sesin azalması için susturucu takılması ve nem sebeplerinin araştırılarak nem oranının istenen aralıklarda olması için çalışmalar yapılması gerektiği belirlenmiştir.

### **5.3.3.2 Pareto Analizi İçin Sebep - Sonuç Grafiği**

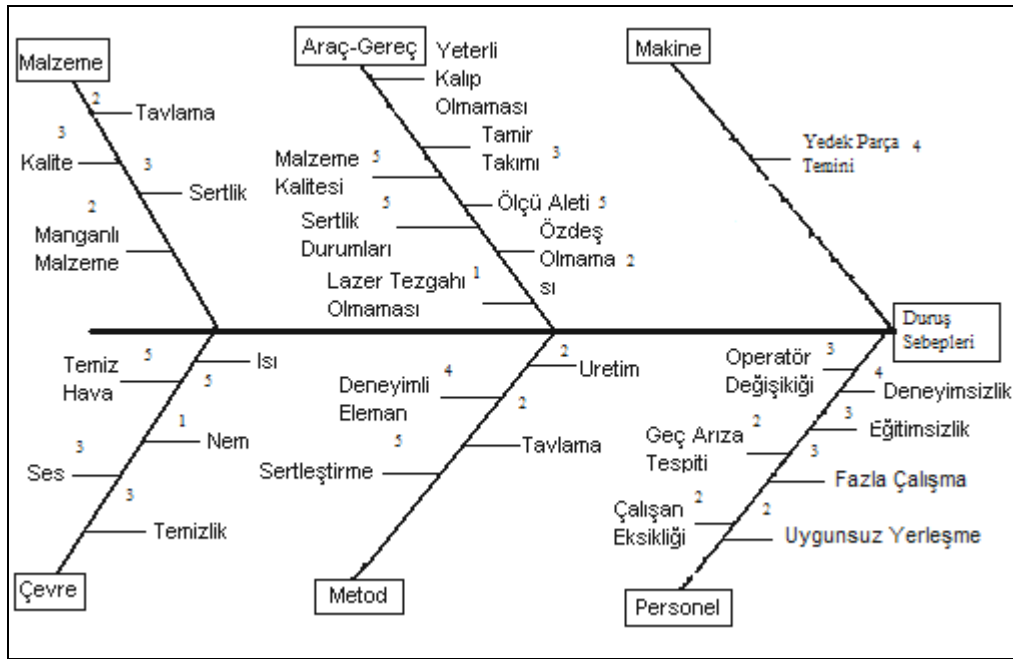
Şubat 2007 verilerinin değerlendirildiği sebep-sonuç grafiğinde çözümlenmek istenen sorun ortaya konmuştur. Burada sorun, makinelerin durmasıdır. Durma sebeplerinin % 52,80 arıza duruşu ve % 22,04 de ayar duruşudur. İki sebepten, toplam duruş % 74,84'tür. Bu iki durma sebebinden kaynaklanan üretim kaybı ise toplam üretimin % 23,77'dir. Buna göre makinelerin en az seviyede durması için, arıza ve ayar duruş sebepleri araştırılmıştır. Bu amaçla yapılacak geliştirme çalışmalarında kullanılmak üzere, ilgililer ile bir Beyin Fırtınası çalışması yapılmıştır. Beyin Fırtınasına beş kişi (Bir İşletme Sahibi, Bir Mühendis, İki Vardiya şefi, Bir Uygulama Sorumlusu) iştirak etmiştir. Çalışma bir buçuk saat sürmüştür. Bu süre içerisinde üç turda her katılımcı söz almıştır.

Verilerin değerlendirilmesinde beyin fırtınası sırasında katılımcılarla, tespit edilen makinelerin arıza ve ayar duruş çeşitleri yüzde, saat ve üretim kayıp miktarları da paylaşılmıştır. Makineler, duruşlardan dolayı on dört ayda toplam 19656 saat çalışması ve 944 ton toplam üretim yapması gerekirken 10535 saat çalışmış, 644 ton üretim yapmış,

9120 saat çalışmamış ve 300 ton üretim kaybı olmuştur. Makinelerin en az seviyede durması için, arıza ve ayar duruş sebeplerine bağlı üretim kayıp nedenleri araştırılmıştır.

Beyin fırtınasında tüm katılımcılar tarafından oy birliği ile makine, araç - gereç, malzeme, personel, metot ve çevre ana sorunlar olarak seçilmiş ve çalışanların fikirleri çerçevesinde ana sorunların kapsamı içindekiler belirlenmiştir. Tüm makinelerin durmasına neden olarak gördükleri olası etkenler, katılımcı olan yazman tarafından kaydedilmiştir. Daha sonra her bir etken oylamaya sunulmuş ve her bir etkenin aldığı toplam oy sayısı belirlenmiştir.

Şekil 5.35'deki sebep – sonuç grafiğinde makinelerin duruş sebepleri oylama sonuçları ile beraber verilmiştir. Bu sayede makinelerin duruş sebeplerine bağlı üretim kaybının muhtemel nedenleri belirlenmiştir. Bu nedenlerin yeniden oluşumunun önlenmesi için, en önemli sebeplerin dikkate alınmasının, önlemler alınarak bu sebeplerin ortadan kaldırılmasının, sorunun çözümünde faydalı olacağı belirlenmiştir.



Şekil 5.35 Makinelerin duruş sebepleri için sebep-sonuç grafiği.

Eğer belirtilen ortak sonuçlara göre çözüm getirilebilirse, makine duruşları azalmış, işletmenin üretim kapasitesi artmış olacaktır. Bunlar;

Makinelerde yedek parça teminindeki zorluk makinelerin durmasına sebep olmaktadır. Bunu önlemek için malzeme alımında işletmenin tedarikçi seçiminin doğru yapması gerektiği belirlenmiştir.

Araç - gereçlerin kaliteli, hassas, eksiksiz, uygun ve özdeş olmaması makinelerin çalışmasını engellemektedir. Buna göre araç - gereçlerin kaliteli alınmasına veya kaliteli malzemelerden özdeş yapılmasına, eksiksiz, hassas ve uygun olmasına dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Malzemelerin kalite ve sertlik farklılıkları makinelerde probleme yol açtığı belirlenmiştir. Özellikle aynı niteliklerde, farklı tedarikçilerden alınan malzemelerde sertlik farklılıklarının bulunması işletmenin tedarikçi seçimini ve kontrol sürecini yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Çalışanların arasında sık ve uygunsuz operatör değişikliği, çalışan eksikliği ve geç arıza tespitinin olması da makine duruş süresini artırmaktadır. Bunu önlemek için işletme sahibinin, personel sayısını artırması, personelini işletme içi eğitimlerle bilgilendirmesi ve bakım prosedürlerine uyumun sağlanması gerektiği belirlenmiştir.

Üretimde sertleştirme ve tavlama yöntemi eskiliği ve farklılığı, deneyimli eleman olmaması makine duruşlarını artırmıştır. Uygulanan üretim yöntemleri tekrar gözden geçirilmeli ve daha modern yöntemler tercih edilmelidir. Deneyimli eleman ve firma eksikliğinin giderilmesi gerekmektedir.

Çevre temizliğinin, temiz havanın ve soğuk havalarda ısının yeterli olmaması, ses şiddetinin yüksek ve nem oranının fazla olması, çalışan personeli olumsuz etkilemektedir. Buna göre çevre temizliğinin düzenli yapılması, temiz hava için klima sayısının artırılması, soğuk havalarda fabrika ısısının yüksek tutulması için ısıtma sisteminin daha düzenli çalıştırılması, makinelerdeki sesin azalması için susturucu takılması ve nem sebeplerinin araştırılarak oranının istenen aralıklarda olması için çalışmalar yapılması gerektiği belirlenmiştir.

### **5.3.3.3 Sonuçların Uygulanabilirliği**

Şubat 2007 verilerinin değerlendirilmesinde kullanılan Histogram, Kontrol Grafikleri, Süreç Yeterlilik Analizi, Makine Yeterlilik Analizi, Pareto Analizi ve Sebep-Sonuç

grafiğinden elde edilen sonuçlar işletmeye bir rapor halinde sunulmuştur. Rapor sonucunda işletmede üç aylık çalışma yapılmıştır.

İşletmede yapılan çalışmalar aşağıda verilmiştir.

- a) Çalışanlara; Hidrolik-Pnömatik, Kaynak Yönetimi, Takım Kullanımı ve Bakım - Onarım Eğitimi verilmiştir. Süreç Eğitimi, Kalite Kontrol Eğitimi, Pazarlama Teknikleri Eğitimi, Yönetici Yetiştirme Eğitimi ve Finans Eğitimi eğitimleri verilecektir.
- b) Makineler bakıma sokulmuştur. Yıllık ve periyodik bakım sayıları artırılmıştır.
- c) Tolerans değerleri tekrar kontrol edilmiştir.
- d) Araç - gereç için kullanılan malzemelerin tedarikçileri ile görüşmeler yapılmıştır. Yeni tedarikçi seçimlerine gidilmiştir.
- e) Malzemelerin yapımı ve ısıl işlem aşamalarında kullanılan yöntemler tekrar gözden geçirilmiştir.
- f) Yeterli ve kalifiye personel araştırması ve alımı yapılmıştır.
- g) Çalışanlara rahat bir ortam sağlanmaya çalışılmıştır.
- h) Makinelerin eskiyen bölümleri komple değiştirilerek revizyon yapılmıştır.
- i) Kullanılan araç - gereçlerin kalibrasyon sıklığı artırılmış, işletme içinde kalibrasyon yapılabilmesi sağlanmıştır.
- j) Kullanılan araç - gereçlerde olabildiğince yenilemeye gidilmiştir.
- k) Malzemelerin haddeleme aşamasında kalite kontrolleri sıklaştırılmıştır.
- l) Makinelerin yedek parça temininde tedarikçi değiştirmesi yapılmıştır.
- m) Operatörlerin sık yer değişimi durdurulmuştur. Her makine için belli operatör belirlenmiştir.
- n) Değişen standart değerlerin takibi yapılmaya başlanmıştır.
- o) Ürün tasarım çalışmaları artırılmıştır.
- p) Müşteri istek ve memnuniyetine önem artırılmıştır.
- q) İşletmede büro ve makinelerde bilgisayar kullanımı artırılmaya başlanmıştır.
- r) Kalite kontrol çalışmalarına ağırlık vermeye başlanmıştır.

Üç ayın sonunda Temmuz 2007'de ikinci veriler toplanarak yapılan çalışmaların sonuçları değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere aşağıdaki uygulamalar yapılmıştır.



### 5.3.4 Temmuz 2007 (İkinci Veriler) Verilerine Göre Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde Yakma Alın Kaynağı Sonrası Kontrol Dışı Durumların Tespiti

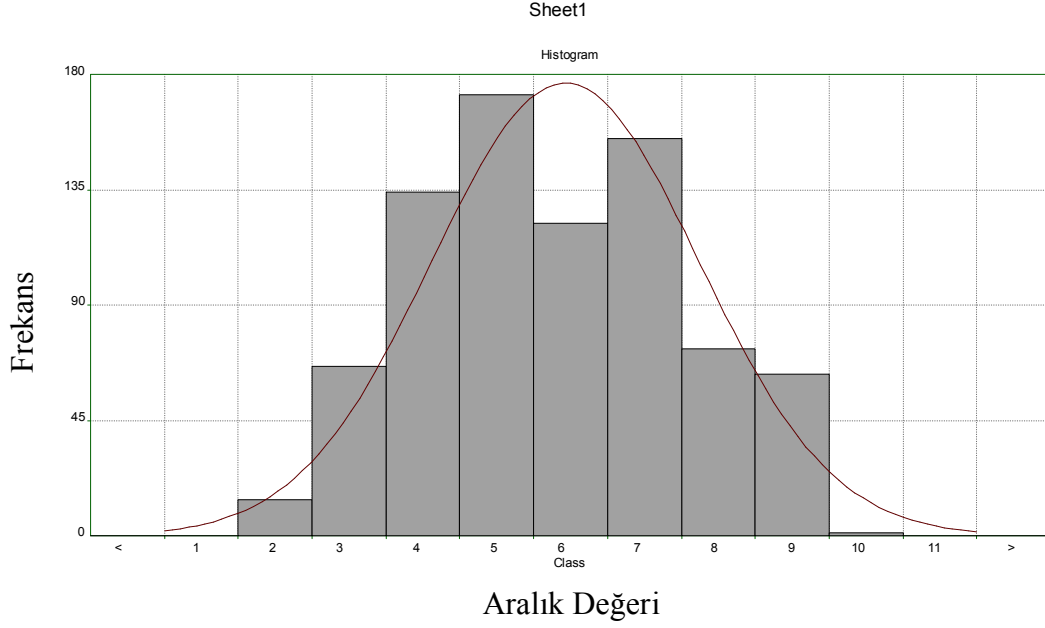
Temmuz 2007 (İkinci veriler) verilerinin elde edilmesinde Şubat 2007 (İlk veriler)'deki verilerin elde edilmesinde izlenen aşamalar uygulanmıştır. Temmuz 2007 (İkinci veriler) ölçüm verileri 20 günlüktür ve EK G'de verilmiştir. Elde edilen verilere aşağıdaki çalışmalar uygulanmıştır.

#### 5.3.4.1 Histogram

Temmuz 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Histogram analizi Çizelge 5.24'de verilmiştir. Temmuz 2007 verileri ile oluşturulan Histogram Şekil 5.36'da verilmiştir.

Çizelge 5.24 Temmuz 2007 verilerine göre Histogram analizi.

Sıra No	Frekans	Yüzde	Alt Sınır	Merkez	Üst Sınır
1	0	0,000	27,3215	27,3460	27,3705
2	14	1,750	27,3705	27,3950	27,4195
3	66	8,250	27,4195	27,4440	27,4685
4	134	16,750	27,4685	27,4930	27,5175
5	172	21,500	27,5175	27,5420	27,5665
6	122	15,250	27,5665	27,5910	27,6155
7	155	19,375	27,6155	27,6400	27,6645
8	73	9,125	27,6645	27,6890	27,7135
9	63	7,875	27,7135	27,7380	27,7625
10	1	0,125	27,7625	27,7870	27,8115
11	0	0,000	27,8115	27,8360	27,8605
Descriptive Statistics					
Ortalama	27,588	Aralık	0,400	Maksimum	27,800
Standart Sapma	0,089	Minimum	27,400		



Şekil 5.36 Temmuz 2007 verilerine göre histogram.

Temmuz 2007 verilerine göre oluşturulan histogram, verilerin dağılım yapısını göstermektedir. Histogramda veriler normal dağılımdan beklenen şekilde sınırların içine düşmüştür. Normal bir dağılım vardır. Ancak süreç de değişkenlik fazladır. Bu değişkenlik sürecin ortalamasının zaman içerisinde değişmesinden kaynaklanıyor olabilir. Temmuz 2007 verileri 27,50 – 27,70 aralığında dağılmıştır. Standart sapma değeri 0,089'dur. Ayrıca dağılım, fabrika imalat toleransında üst tolerans sınırına yakın değildir. Bu durum imalat sürecin de olabilecek küçük bir değişikliğin ıskarta olasılığını azalmıştır.

#### 5.3.4.2 Kontrol Grafikleri

Elde edilen Temmuz 2007 verilerine ölçülebilir verilerin değerlendirilmesinde kullanılan kontrol grafiklerinden X-R kontrol grafiği ve X-S Kontrol grafiğinin uygulaması yapılmıştır.

#### X-R Kontrol Grafiği

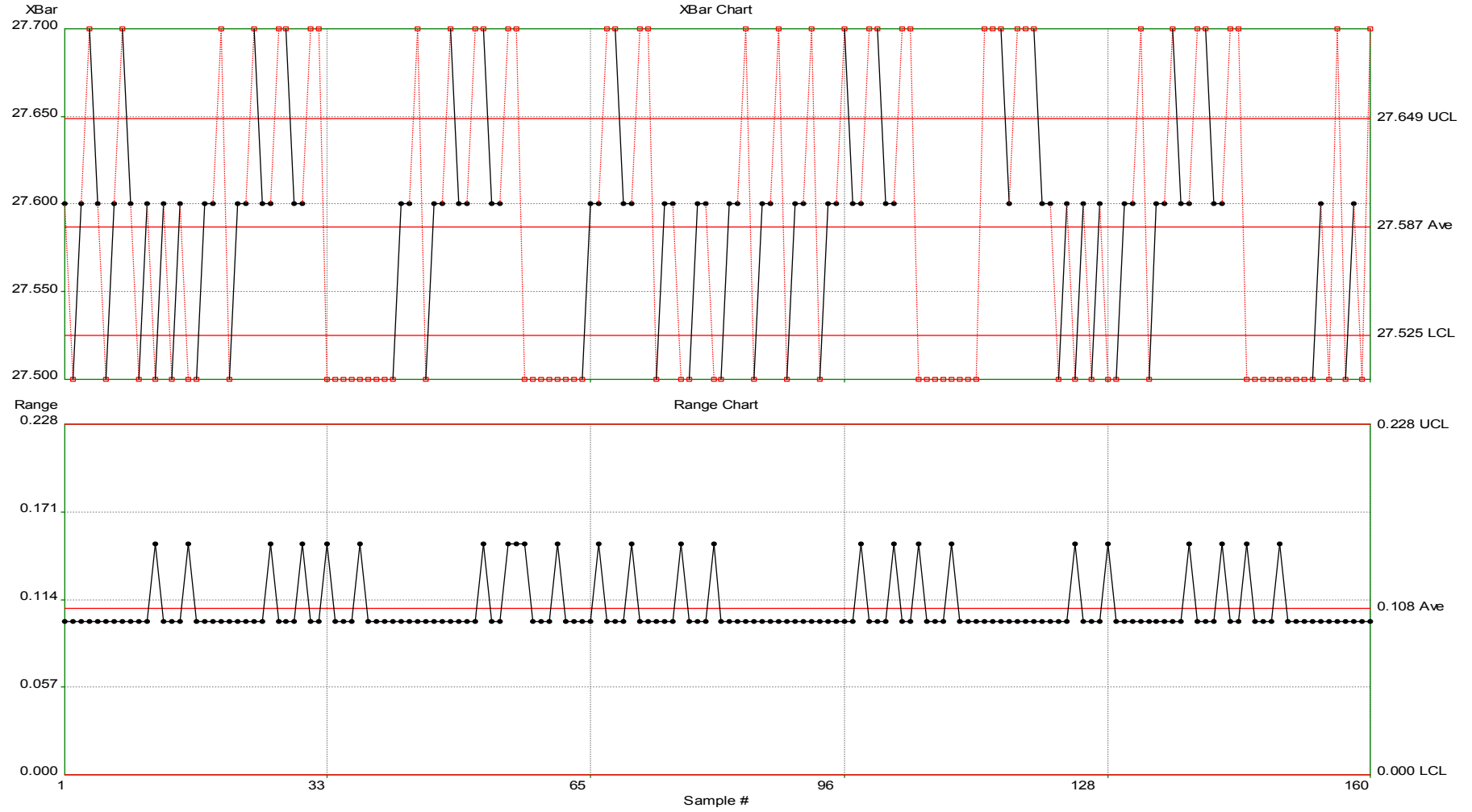
Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Temmuz 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen X-R Kontrol Grafiği değerleri Çizelge 5.25'de verilmiştir.

Çizelge 5.25 Temmuz 2007 verilerine göre X-R Kontrol Grafiği değerleri.

Kontrol Sınırları	X Kontrol Grafiği	R Kontrol Grafiği
AKL (UCL)	27,649	0,228
MÇ (Ave)	27,587	0,108
ÜKL (LCL)	27,525	0,000

Elde edilen verilere göre oluşturulan X-R kontrol grafikleri Şekil 5.37’de verilmiştir. Şekiller üzerinde belirtilen; UCL – Üst kontrol limiti, LCL – Alt kontrol limiti, Ave – Merkez çizgidir. Temmuz 2007 verilerine göre oluşturulan X kontrol grafiklerinde kontrol dışı durum devam etmektedir. Süreç ortalaması kontrol altında değildir. X grafiğinde süreç ortalamasının zaman içerisinde aşağı / yukarı dalgalanmaya devam etmektedir. R kontrol grafiğinde ise kontrol limitleri dışına çıkan bir değer yoktur. Süreç değişkenliğinde R kontrol grafikleri kontrol altındadır.

Sheet1



100

Şekil 5.37 Temmuz 2007 verilerine göre X-R kontrol grafiği (20 günlük).

## X-S Kontrol Grafiği

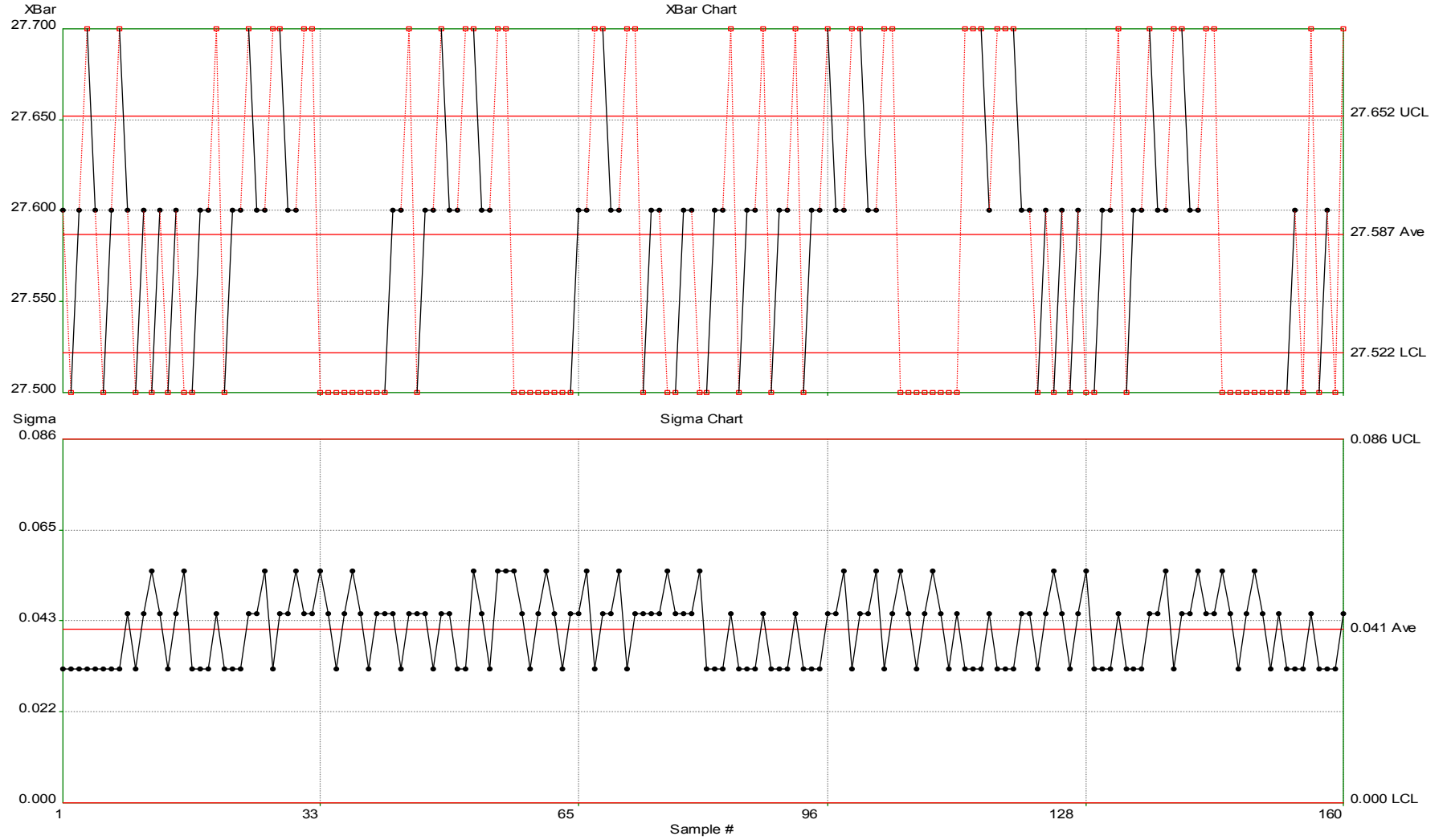
Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Temmuz 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen X-S Kontrol Grafiği değerleri Çizelge 5.26'da verilmiştir.

Çizelge 5.26 Temmuz 2007 verilere göre X-S Kontrol Grafiği değerleri.

Kontrol Sınırları	X Kontrol Grafiği	S Kontrol Grafiği
AKL (UCL)	27,652	0,086
MÇ (Ave)	27,587	0,041
ÜKL (LCL)	27,552	0,000

Elde edilen verilere göre oluşturulan X-S kontrol grafikleri Şekil 5.38'de verilmiştir. Temmuz 2007 verileri ile oluşturulan X kontrol grafiklerinde kontrol dışı durum devam etmektedir. X kontrol grafiği s¼reç ortalamasının zaman i¼erisinde aşağı / yukarı dalgalanması devam etmektedir. Ama Şubat 2007 verileri kadar dağınmık değildir. Verilerin dağılımında kısmi bir iyileşme sağlanmıştır. S kontrol grafiğinde ise kontrol limitleri dışına ¼ıkan bir değer yoktur. S¼reç değişikliğinde S kontrol grafikleri kontrol altındadır.

Sheet1



102

Şekil 5.38 Temmuz 2007 verilerine göre X-S kontrol grafiği (20 günlük).

### 5.3.4.3 Süreç Yeterlilik Analizi

Yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Temmuz 2007 verilerine uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Süreç Yeterlilik Analizi değerleri Çizelge 5.27’de verilmiştir.

Çizelge 5.27 Temmuz 2007 verilere göre Süreç Yeterlilik Analizi değerleri.

Süreç Yeterlilik Analizi	
AT (Lsl)	27,000
ÜT (Usl)	28,000
Nominal	27,500
Ortalama	27,588
$C_p$	1,882
$C_{pl}$	2,212
$C_{pu}$	1,553

Yakma alın kaynağı sonrası alınan Temmuz 2007 verilerine göre süreç yeterlilik analiz ortalaması (Mean) = 27,588;  $C_p = 1,882$ ;  $C_{pl} = 2,212$  ve  $C_{pu} = 1,553$  olarak bulunmuştur. Buna göre bu zaman dilimi içinde sürecin  $C_p$  (1,882) ve  $C_{pu}$  (1,553) değerleri beklenen minimum değerlerin (minimum 1,33 veya daha büyük) üzerindedir. Yani sürecin verilen üretim tolerans değerlerini karşılama yeteneği vardır ve şu an karşılamaktadır. Ayrıca  $C_{pu}$  değerinin  $C_p$ ’den küçük olması süreç ortalamasının tam olarak 27 - 28 aralığının ortasına düşmediğini göstermektedir (ortalama = 27,588).  $C_{pu}$  değerinin (1,553),  $C_{pl}$ ’den (2,212) küçük olması ortalamanın üretim üst tolerans sınıra (28) biraz daha yakın olduğunu göstermektedir.

Ölçüye getirme işlemi sonrası elde edilen Temmuz 2007 verileri EK G’de verilmiştir. Verilere uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Süreç Yeterlilik Analizi değerleri Çizelge 5.28’de verilmiştir.

Çizelge 5.28 Temmuz 2007 Ölçüye getirme işlemi sonrası verilerine göre Süreç Yeterlilik Analizi değerleri.

Süreç Yeterlilik Analizi	
AT (Lsl)	27,500
ÜT (Usl)	28,500
Nominal	28,000
Ortalama	28,005
$C_p$	1,548
$C_{pl}$	1,564
$C_{pu}$	1,533

Ölçüye getirme işlemi sonrası alınan Temmuz 2007 verilerine göre süreç yeterlilik analizi ortalaması (Mean) = 28,005;  $C_p = 1,548$ ;  $C_{pl} = 1,564$  ve  $C_{pu} = 1,533$  olarak bulunmuştur. Buna göre ölçüye getirme işlemi sonrası yeterlilik değerleri yeterli bir süreçten beklenen minimum  $C_p$  (1,548) ve  $C_{pl}$  (1,533) değerlerinin (1,33 veya daha büyük) üzerindedir. Yani sürecin verilen üretim tolerans değerlerini karşılama yeteneği vardır ve şu an karşılamaktadır.  $C_{pu}$ 'nin  $C_p$ 'den biraz küçük olması süreç ortalamasının tam ortada olmadığını bir göstergesidir. Bu durumda süreç ortalaması üretim üst tolerans değeri olan 28,50'a daha yakındır (ortalama=28,005).  $C_{pu}$  değerinin  $C_{pl}$ 'den küçük olması bunun bir başka göstergesidir.

#### 5.3.4.4 Makine Yeterlilik Analizi

Makine Yeterlilik Analizinde kullanılan yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Temmuz 2007 verileri EK G'de verilmiştir. Verilere uygulanan istatistiksel analiz sonucunda elde edilen Makine Yeterlilik Analizi değerleri Çizelge 5.29'da verilmiştir.

Çizelge 5.29 Temmuz 2007 verilerine göre Makine Yeterlilik Analizi değerleri.

Makine Yeterlilik Analizi	
$X_{ort}$	27,58
$S_{ort}$	0,05
$C_m$	3,641
$C_{mka}$	3,095
$C_{mkü}$	4,187

Elde edilen Temmuz 2007 verilerine göre makine yeterlilik analizinde yapılabirlik ( $C_m$ ) indeksi 3,641 ve performans ( $C_{mk}$ ) indeksi 3,095 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Temmuz 2007 verilerine göre makine yeterlidir.

#### 5.3.5 Temmuz 2007 (İkinci Veriler) Verilerine Göre Tüm Zincir Çeşitlerinin Üretiminde Kullanılan Tüm Makinelerin Duruş Sebeplerinin Tespiti

Temmuz 2007 (İkinci veriler) verilerinin elde edilmesinde Şubat 2007 (İlk veriler)'deki verilerin elde edilmesinde izlenen aşamalar uygulanmıştır. İşletmeden alınan niteliksel veriler 1 aylıktır ve tüm zincir çeşitlerinin üretimi sırasında meydana gelen tüm makinelerin duruş sebepleri ile ilgilidir.



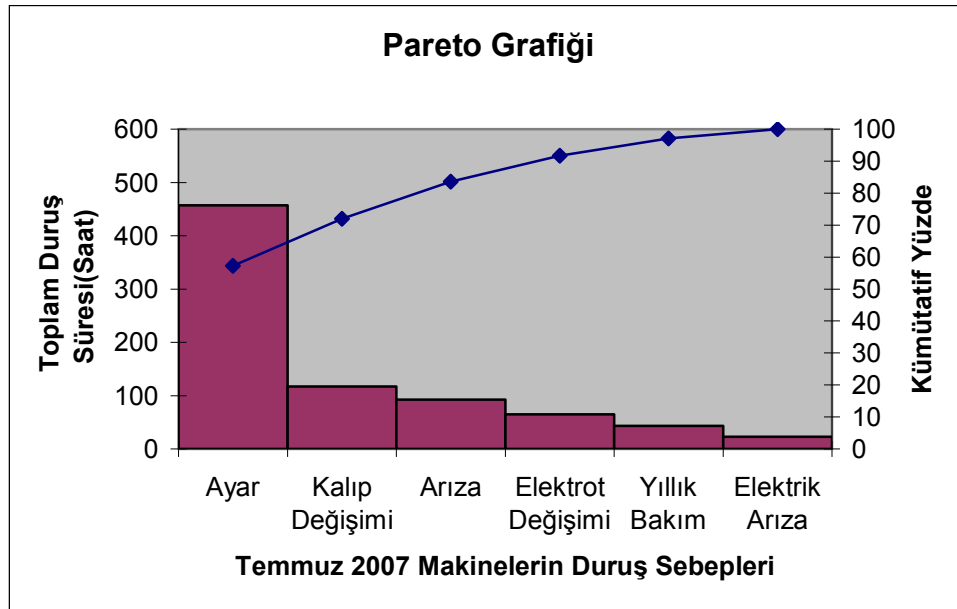
### 5.3.5.1 Pareto Analizi

Uygulamada tüm zincirlerin üretiminde kullanılan makinelerin durma sebepleri ile ilgili elde edilen Temmuz 2007 verileri Çizelge 5.30'da verilmiştir. Elde edilen verilere aşağıdaki çalışmalar uygulanmıştır.

Çizelge 5.30 Makinelerin duruş sebepleri ile ilgili Temmuz 2007 verileri.

Duruş Sebepleri	Toplam Duruş Süresi	Toplam İçindeki %	Kümülatif Yüzde %
Arıza	92,6	11,60	11,60
Ayar	456,9	57,30	68,90
Kalıp Değişimi	117	14,70	83,60
Yıllık Bakım	43	5,40	89,00
Elektrot Değişimi	65	8,10	97,10
Elektrik Arıza	23	2,90	100,00
Toplam	797,5	100	100

Temmuz 2007 verilerine göre oluşturulan Pareto grafiği Şekil 5.39'da verilmiştir.



Şekil 5.39 Temmuz 2007 verilerine göre tüm makinelerin duruş sebepleri için pareto grafiği.

Söz konusu Pareto Grafiği tüm makinelerin durmasına sebep olan nedenleri göstermektedir. Temmuz 2007 verilerine göre yapılan değerlendirmede arıza duruşu %11,60 ayar duruşu ise % 57,30'dur. İki sebepten kaynaklanan toplam duruş % 68,90'dır. Temmuz 2007 verilerinde arıza duruşunda büyük oranda azalma olurken ayar duruşunda artma olduğu görülmektedir. Ayar duruşundaki bu artışın verilerin toplandığı ayda bakımların yoğunlaştığı dönem olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

#### **5.4 İSTATİKSEL SÜREÇ KONTROL ANALİZLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

İşletmeden elde edilen Şubat 2007 ve Temmuz 2007 verilerine uygulanan İSK metotlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

##### **5.4.1 Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde Yakma Alın Kaynağı Sonrası Kontrol Dışı Durumlar**

Histogram; Şubat 2007 verileri 27,50 - 27,90 aralığında dalgalanmaktadır. Temmuz 2007 verileri ise 27,50 – 27,70 aralığı içinde dalgalanmaktadır. Şubat 2007 verilerine oranla süreç değişkenliğinde azalma vardır. Temmuz 2007 standart sapma değeri (0,089), Şubat 2007 standart sapma değerinden (0,149) daha küçüktür. Ayrıca dağılım, işletme üretim üst tolerans sınırına yakın değildir. Burada iyileşme sağlanmıştır. Bu durum üretim sürecinde olabilecek küçük bir değişikliğin ıskarta olasılığını azaltmıştır.

Kontrol grafiği, histogram uygulamaları, pareto analizi uygulamaları ile kaynakçılarının performans durumlarının da takip edilmesi temin edilmiştir (Kapıcı 2005).

X-R Kontrol Grafiği; Şubat 2007 verilere göre oluşturulan X-R kontrol grafiklerinde kontrol dışı durumlar tespit edilmiştir. Sürece müdahale edilmiş ve özel nedenler araştırılarak giderilmeye çalışılmıştır. Temmuz 2007 verilerine göre oluşturulan X kontrol grafiklerinde kontrol dışı durum devam etmektedir. Ama Şubat 2007 verileri kadar dağınık değildir. Verilerin dağılımında kısmi bir iyileşme sağlanmıştır. R kontrol grafiğinde kontrol limitleri dışına çıkan bir değer yoktur. Süreç değişkenliğinde R kontrol grafikleri kontrol altındadır. Şubat 2007 verilerinde elde edilen  $X_{ort}$  (27,662) ve  $R_{ort}$  (0,145) değerlerine göre Temmuz 2007 verilerinde elde edilen  $X_{ort}$  (27,587) ve  $R_{ort}$  (0,108) değerlerinde iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Her bir üretim hattı için normal dağılım grafikleri, histogramlar, X-R kontrol grafikleri ve süreç yeterlilik analizi hazırlanmıştır. İstatistiksel çalışmada, mekanik imalat sırasında kalite sorunlarının mevcut olduğu boyutlar ve tolerans dışı parça üretiminin yapıldığı üretim hatları belirlenmiştir. Sürecin tamamı için süreç kapasitesinin yetersiz olduğu ve kitle üretiminin istikrarsız olduğu saptanmıştır. Ovallık ve tolerans dışı üretime ilişkin kusurlar ortadan kaldırılmış ve yüzey pürüzlülüğü iyileştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, çalışanlar kalitenin ne kadar gerekli olduğunu anlamışlardır. Kalitesiz üretimde maliyet oldukça fazlayken bu çalışmayla birlikte üretimin normal seyrinde maliyette azalma sağlanmıştır. Şirket yönetiminin desteği sağlanmıştır. Küçük yada orta ölçekli şirketlerde kaliteyle ilişkili problemleri belirleme ve çözme açısından İSK ve süreç yeterlilik analizinin oldukça etkili olduğu görülmüştür (Motorcu and Güllü, 2006)

X-S Kontrol Grafiği; Şubat 2007 verilerine göre oluşturulan X-S kontrol grafiklerinde kontrol dışı durumlar tespit edilmiştir. Sürece müdahale edilmiş ve özel nedenler araştırılarak giderilmeye çalışılmıştır. Temmuz 2007 verileri ile oluşturulan X kontrol grafiklerinde kontrol dışı durum devam etmektedir. X kontrol grafiği süreç ortalamasının zaman içerisinde aşağı / yukarı dalgalanması devam etmektedir. Ama Şubat 2007 verileri kadar dağınık değildir. Verilerin dağılımında kısmi bir iyileşme sağlanmıştır. S kontrol grafiğinde kontrol limitleri dışına çıkan bir değer yoktur. Süreç değişikliğinde S kontrol grafikleri kontrol altındadır. Şubat 2007 verilerinde elde edilen  $X_{ort}$  (27,662) ve  $S_{ort}$  (0,051) değerlerine göre Temmuz 2007 verilerinde elde edilen  $X_{ort}$  (27,587) ve  $S_{ort}$  (0,041) değerlerinde iyileşme sağlandığı görülmektedir

Süreç Yeterlilik Analizi; yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerine göre süreç yeterlilik analiz ortalaması (Mean) = 27,662;  $C_p = 1,117$ ;  $C_{pl} = 1,478$  ve  $C_{pu} = 0,756$  olarak bulunmuştur. Sürecin verilen üretim tolerans sınırlarını zor da olsa sağlama yeteneği vardır. Temmuz 2007 verilerinde ise süreç yeterlilik analiz ortalaması (Mean) = 27,588;  $C_p = 1,882$ ;  $C_{pl} = 2,212$  ve  $C_{pu} = 1,553$  olarak bulunmuştur. Sürecin verilen üretim tolerans değerlerini karşılama yeteneği vardır ve şu an karşılamaktadır.

Ölçüye getirme işlemi sonrası alınan Şubat 2007 verilerine göre süreç yeterlilik analizi ortalaması (Mean) = 28,023;  $C_p = 1,408$ ;  $C_{pl} = 1,473$  ve  $C_{pu} = 1,343$  olarak bulunmuştur. Süreç ortalaması tam ortada değildir. Temmuz 2007 verilerinde ise süreç yeterlilik analiz ortalaması (Mean) = 28,005;  $C_p = 1,548$ ;  $C_{pl} = 1,564$  ve  $C_{pu} = 1,533$  olarak bulunmuştur. Sürecin verilen üretim tolerans değerlerini karşılama yeteneği vardır ve şu an

karşılmaktadır. Şubat 2007 verilerine göre önemli bir gelişme vardır. Süreç yeterlilik analizlerinde hesaplanan Temmuz 2007 indeks değerleri Şubat 2007 indeks değerlerinden daha büyüktür. Süreç yeterliliği daha iyidir, iyileşme sağlanmıştır.

X-R kontrol grafiklerinin amacı süreçte meydana gelen değişimleri ölçmek, en aza indirmek ve bilgi edinmeyi sağlamaktır. Asıl durum iyileştirmesini sağlayan ise süreç yeterlilik analizidir. Bu istatistiksel tekniklerin, Polonya sanayisinde uygulanmasının üretim aşamasında üretim kusurlarının önüne geçilmesini sağladığı ve meydana gelen hataların tanımlanabilir nedenlerini yok etmeye yönelik işlemler olduğu görülmüştür (Dudek and Burlikowska, 2005).

Makine Yeterlilik Analizi; elde edilen Şubat 2007 verilerine göre makine yeterlilik analizinde yapılabirlik ( $C_m$ ) indeksi 2,864 ve performans ( $C_{mk}$ ) indeksi 1,632 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Şubat 2007 verilerinde makine yeterlidir. Temmuz 2007 verilerinde ise makine yeterlilik analizinde yapılabirlik ( $C_m$ ) indeksi 3,641 ve performans ( $C_{mk}$ ) indeksi 3,095 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre Temmuz 2007 verilerinde de makine yeterlidir. Makine yeterlilik analizlerinde bulunan indeks değerleri Şubat 2007 indeks değerlerinden daha büyüktür. Makine yeterliliği daha iyidir.

İSK uygulamalarında yakma alın kaynağı sonrası kontrol dışı durumların tespiti ile ilgili Şubat 2007 verilerinin ve Temmuz 2007 verilerinin değerlendirmesi yapıldıktan sonra malzeme üretim kaybı, üretim maliyet kaybı ve üretim süre kaybı analizi yapılmıştır. Çizelge 5.31'de yakma alın kaynağı sonrası elde edilen Şubat 2007 verilerinde bir vardiyada nominal çapı 10 mm zincire ait malzeme üretim kaybı, üretim maliyet kaybı ve üretim süre kaybı verilmiştir. Çizelge 5.32'de Temmuz 2007 verilerinde bir vardiyada nominal çapı 10 mm zincire ait malzeme üretim kaybı, üretim maliyet kaybı ve üretim süre kaybı verilmiştir.

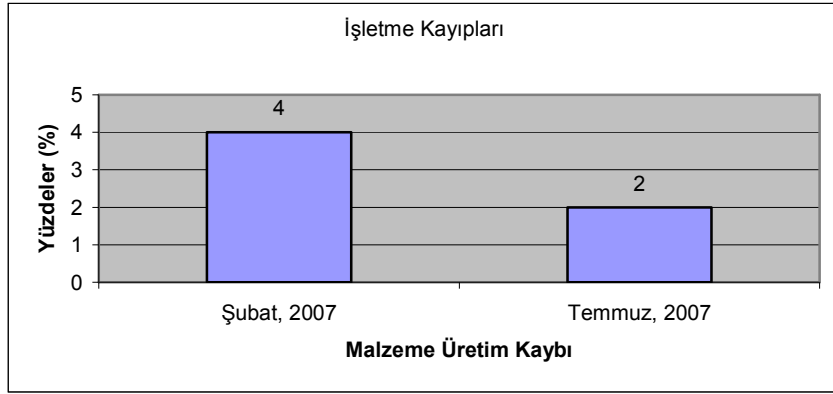
Çizelge 5.31 Şubat 2007 bir vardiyada nominal çapı 10 mm zincire ait malzeme kayıpları.

Bir Vardiyada Yakma Alın Kaynağı ile Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde	
Ortalama Zincir Malzemesi Üretimi	790 kg
Ortalama Zincir Malzemesi Üretim Kaybı	% 3 - 4
Ortalama Zincir Malzemesi Üretim Maliyet Kaybı	24,45 - 37,80 YTL
Ortalama Üretim Süre Kaybı	0,5 - 1 saat

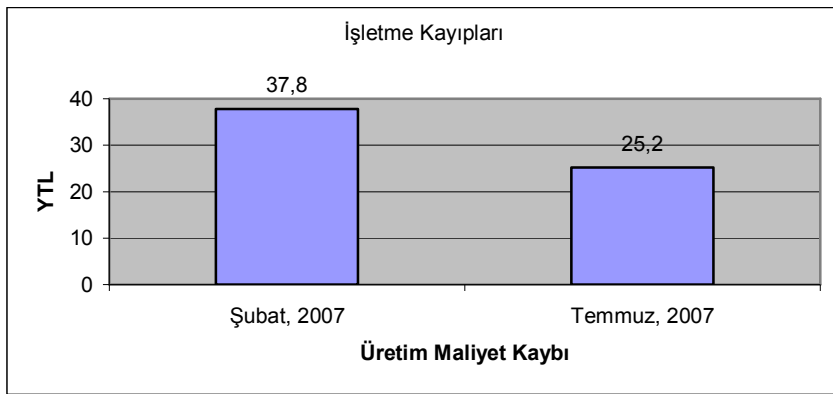
Çizelge 5.32 Temmuz 2007 bir vardiyada nominal çapı 10 mm zincire ait malzeme kayıpları.

Bir Vardiyada Yakma Alın Kaynağında Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretiminde	
Ortalama Zincir Malzemesi Üretimi	790 kg
Ortalama Zincir Malzemesi Üretim Kaybı	% 2 - 3
Ortalama Zincir Malzemesi Üretim Maliyet Kaybı	16,80 - 25,20 YTL
Ortalama Üretim Süre Kaybı	0,25 - 1 saat

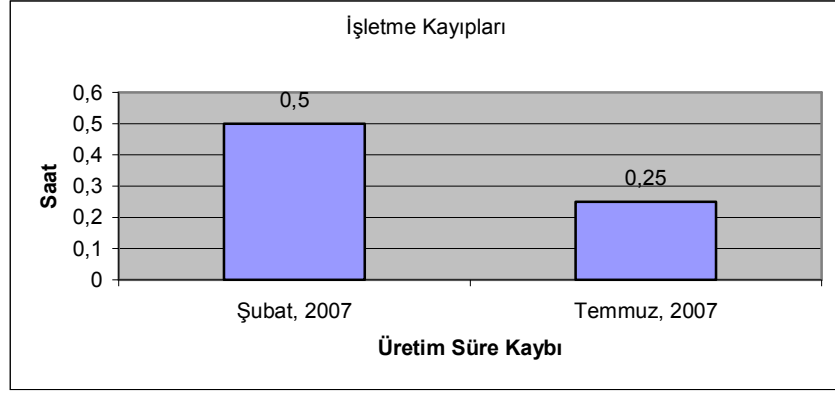
Şekil 5.40, 5.41 ve 5.42’de Şubat 2007 ve Temmuz 2007 aylarına ait malzeme üretim kayıp, üretim maliyet kayıp ve üretim süre kayıp değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 5.40 Şubat 2007 ve Temmuz 2007 aylarındaki malzeme üretim kaybı.



Şekil 5.41 Şubat 2007 ve Temmuz 2007 aylarındaki üretim maliyet kaybı.



Şekil 5.42 Şubat 2007 ve Temmuz 2007 aylarındaki üretim süre kaybı.

Çizelge 5.31 ve 5.32, Şekiller 5.40, 5.41 ve 5.42 incelendiğinde Şubat 2007 verilerine göre işletmenin malzeme üretim kaybında % 2 - 3 (% 33 - 50), üretim maliyet kaybında 16,80 - 25,20 YTL (% 45 - 50) ve üretim süre kaybında 0,25 - 1 saat (% 50)'lik iyileşme sağlandığı görülmektedir.

#### 5.4.2 Zincir Çeşitlerinin Üretiminde Kullanılan Makinelerin Duruş Sebepleri

Pareto Analizi; Şubat 2007 verilerine göre yapılan değerlendirmede makinelerin durmasına neden olan en önemli iki sebep % 52,80 ile arıza duruşu ve % 22,04 ile ayar duruşu olarak tespit edilmiştir. İki sebepten kaynaklanan toplam duruş % 74,84'dür. Temmuz 2007 verilerine göre yapılan değerlendirmede ise arıza duruşu %11,60 ayar duruşu ise % 57,30'dur. İki sebepten kaynaklanan toplam duruş % 68,90'dır. Temmuz 2007 verilerinde arıza duruşunda büyük oranda azalma olurken ayar duruşunda artma olduğu görülmektedir. Ayar duruşundaki bu artışın verilerin toplandığı ayda bakımların yoğunlaştığı dönem olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Yapılan düzenlemelerle makinelerin duruş sürelerinde azalma olduğu ve sıralamalarda değişme olduğu görülmüştür. Bu sayede işletmenin kazanımlarının artmıştır.

Pareto Analizinin uygulamasında, Sivas Çimento Fabrikasında meydana gelen üretim duruşları ve sebepleri ve bu duruşlardan meydana gelen arıza bakım onarım maliyetlerini gösteren ABC analizi ve pareto grafikleri çizilmiştir. Hatalar sınıflandırılarak maliyetleri yüksek olanlar üzerinde çalışmalara ağırlık verilmiştir. Duruş sebepleri; satış azlığı, mekanik arıza, bant arızası, fırın gövde çatlağı, süreç duruşları olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, yetkililerin duruş sebeplerini önleyici çalışmalar yapmaları, ayrıntılı kayıt sistemi tanzim etmeleri, kontrol sorumluluğu daha üst seviyedeki personele

vermeleri veya gözden geçirme periyotları sıklaştırmaları gerektiği görülmüştür. Ayrıca işletmelerde pareto analizinin rahatça uygulanabileceği, yapılan bu uygulama ile bir kez daha gösterilmiştir (Özcan, 2001).

Çizelge 5.33'de makinelerin duruş sebeplerinin tespitinde elde edilen Şubat 2007 verilerinde bir vardiyada makinelere ait malzeme üretim maliyet kaybı ve zaman kaybı verilmiştir. Çizelge 5.34'da Temmuz 2007 verilerinde bir vardiyada tüm makinelere ait malzeme üretim maliyet kaybı ve zaman kaybı verilmiştir.

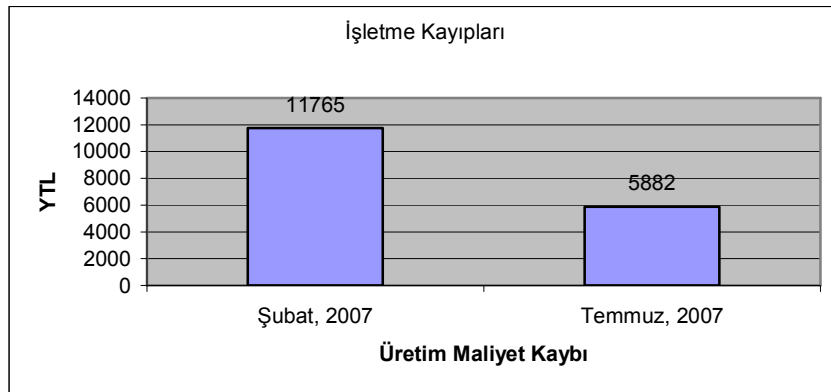
Çizelge 5.33 Şubat 2007 değerlendirmesinde bir vardiyada makinelere ait malzeme üretim maliyet kaybı ve zaman kaybı.

Bir Vardiyada Makineler Ait	
Ortalama Zincir Malzemesi Üretim Maliyeti Kaybı	11765,4 YTL
Ortalama Üretim Süre Kaybı	3,5 - 7 saat

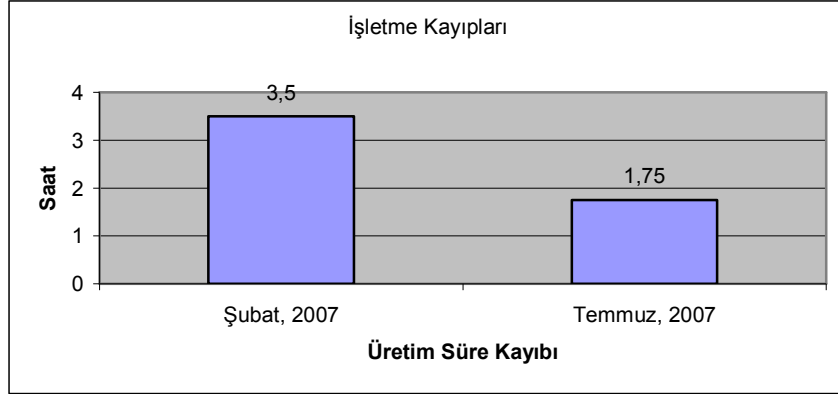
Çizelge 5.34 Temmuz 2007 değerlendirmesinde bir vardiyada makineler ait malzeme üretim maliyet kaybı ve zaman kaybı.

Bir Vardiyada Tüm Makineler Ait	
Ortalama Zincir Malzemesi Üretim Maliyet Kaybı	5882,70 YTL
Ortalama Üretim Süre Kaybı	1,75 - 7 saat

Şekiller 5.43 ve 5.44'de tüm makinelerin duruş sebeplerinin Şubat 2007 ve Temmuz 2007 aylarına ait üretim maliyet kaybı ve üretim süre kaybı değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 5.43 Şubat 2007 ve Temmuz 2007 için bir vardiyada kullanılan makinelerin üretim maliyet kaybı.



Şekil 5.44 Şubat 2007 ve Temmuz 2007 için bir vardiyada kullanılan makinelerin üretim süre kaybı.

Çizelgeler 5.33 ve 5.34, Şekiller 5.43 ve 5.44 incelendiğinde Şubat 2007 verilerine göre işletmenin üretim maliyet kaybında 5882,70YTL (% 50) ve üretim süre kaybında 1,75 - 7 saat (% 50)'lik iyileşme sağlandığı görülmektedir.

Bir işletme için süreç kontrolün ve süreç kontrolünde uygulanan İSK metotlarının ne kadar önemli olduğu iki farklı zaman aralığında elde edilen değerlerin kıyaslama sonuçlarına göre de görülmektedir.



## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada İSK metotlarının zincir üretimi yapan bir işletmede uygulaması yapılmıştır. Yapılan uygulamalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar ve öneriler elde edilmiştir.

#### 6.1 SONUÇLAR

1. İSK metotlarının işletmede kolay bir şekilde kullanılabilmesi ve gerekliliğinin önemi daha iyi bir şekilde verilerle gösterilmiştir.
2. Karşılaşılan sorunların çözümünde şahsi tecrübe ve yargılar yerine bilimsel ve objektif metotların kullanılmasının tercih edilmesi gösterilmiştir. Böylelikle sürecin üretim toleransları ve kendi ürettiği değişkenlik sınırları içinde çalışıp çalışmadığı hakkında sağlıklı bilgi sağlanmıştır.
3. Zincir üretimi yapılan işletmede üretimin her seviyesinde sistematik bir beyin fırtınası çalışmasına gereksinim olduğu anlaşılmıştır.
4. İşletmelerde Pareto Analizinin rahatça uygulanabileceği ve etkili bir yöntem olduğu, yapılan bu uygulamalarla görülmüştür. Periyodik olarak tekrarlanmasında faydalı olduğu gösterilmiştir.
5. İşletmede veri formu düzenlenerek iyi bir veri tutma sisteminin oluşması sağlanmıştır.
6. Verilerin değerlendirilmesinde kullanılmak üzere Excel'de İSK programı hazırlanmış, işletmenin kullanımına sunulmuştur.
7. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi İSK programlarından "Custom / QC İstatistik Programı" ile yapılmıştır. Programla Histogram, X-R Kontrol Grafiği, X-S Kontrol Grafiği ve Süreç Yeterlilik Analizi metotlarının uygulaması yapılmıştır. Sebep-Sonuç Grafiği ve Makine Yeterlilik Analizinin değerlendirilmesi ise Excel'de hazırlanan İSK programı ile yapılmıştır. Uygulama sonuçları işletmeye rapor halinde sunulmuştur. İşletme tarafından üç aylık sürede; çalışanlara eğitimler verilmiştir. Makine bakımları yapılmış, eskiyen bölümleri değiştirilmiş ve bakım sıklığı artırılmıştır. Zincir malzeme tedarikçisi değiştirilmiştir. Yeterli ve kalifiye

personel sayısı artırılmıştır. Kullanılan araç - gereçlerin kalibrasyon sıklığı artırılmış ve işletme içinde kalibrasyon yapılabilmesi sağlanmıştır. Kullanılan araç - gereçlerde yenilemeye gidilmiştir. Makinelerin yedek parça temininde tedarikçi değiştirmesi yapılmıştır. Operatörlerin sık yer değişimi durdurulmuş ve her makine için belli operatör belirlenmiştir. İşletmede büro ve makinelerde bilgisayar kullanımı artırılmaya başlanmıştır. Bu düzenlemeler sonucunda;

- a) Bir vardiyada nominal çapı 10 mm SAE 1008 zincire ait Şubat verileri ile Temmuz verileri arasındaki kayıplar incelendiğinde, Şubat verilerine göre Temmuz verilerinde şu değişimler elde edilmiştir. Üretim süre kaybında % 50, malzeme üretim kaybında % 33 - 50 ve malzeme üretim maliyet kaybında % 45 - 50, tüm makinelere ait zaman kaybında % 50 ve malzeme üretim maliyet kaybında % 50 iyileşme sağlanmıştır. Bu sayede üretimde süre kaybında, malzeme üretim kaybında ve malzeme üretim maliyet kaybı fazlayken bu çalışmayla birlikte üretimin normal seyrinde azalma sağlanmıştır. Bu sayede işletme kazanımları artmıştır.
  - b) Verilerin üst tolerans değerinden, ortalama tolerans değerine yaklaşması sağlanmıştır. Iskarta ürün riski azalmıştır.
  - c) Süreç yeterliliğinde ve makine yeterliliğinde iyileşme sağlanmıştır. Üretim güvenilirliği artmıştır.
  - d) Kontrol grafiklerinde iyileşme sağlanmıştır ve oldukça etkili olduğu görülmüştür.
  - e) Zincirin sıyrılmalı, sıyrımsız ve presli - sıyrımsız üretiminin zincir kaynak bölgesindeki dayanımına etkisi olmadığı görülmüştür. Zincir kaynak bölgesinin çalışabileceği emniyetli çekme kuvvetinin, zincir malzemesinin akma mukavemetine göre taşıyabileceği emniyetli kuvvetinin ve zincir malzemesinin kopma mukavemetine göre taşıyabileceği emniyetli kuvvetin hesaplanması yapılmıştır. Sonlu elemanlar analizi (ANSYS) yapılarak, yapılan hesaplamalarla deneysel sonucun aynı olduğu görülmüştür. Analizde uygulanacak fazla kuvvetin etkisi ile zincir baklasında en kritik yerin baklanın alt uç iç kısmı ve baklanın yan iç taraflarındaki noktalara yakın bölgeler olduğu anlaşılmıştır. Bu duruma göre malzemenin ilk kopmaya başlayacağı yer zincir baklasının ana malzeme alt uç iç ve hemen yakın bölge olacaktır. Bu durum yapılan deneylerde de görülmüştür. Analiz sonuçları işletmeye iletilmiştir.
8. Yapılan çalışmalara işletme yönetiminin desteği sağlanmıştır.

## 6.2 ÖNERİLER

Daha sonra yapılacak çalışmalar için öneriler:

1. Zincir üretimi yapan diğer işletmelerde İSK uygulamaları yapılarak, uygulamalar karşılaştırılabilir.
2. İşletmelerde İSK uygulamalarının gerekliliğinin gösterilmesi için işletme sahiplerine eğitimler verilebilir.



## KAYNAKLAR

- Akın B, Öztürk E** (2005) İstatistik Proses Kontrol Tekniklerinin Bilgisayar Ortamında Uygulanması. [www.Ekonometridernegi.Org/bildiriler](http://www.Ekonometridernegi.Org/bildiriler) (29.10.2006).
- Arabacı U** (2003) Zincir Üretiminde Kullanılan 16mncr5 Çeliğine Yakma Alın Kaynak Uygulaması Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Ankara, 94 s.
- Bircan H, Gedik H** (2003) Tekstil Sektöründe İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri Uygulaması Üzerine Bir Deneme. *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 4 (2): 69-79.
- Bozacı A** (1989) *Makine Elemanlarının Tasarımı 1*. 1.baskı, Sakarya Mühendislik Fakültesi Matbaası, Sakarya, 187s.
- Callao M.P, Rius A** (2003) Time series: a complementary technique to control charts for monitoring analytical systems, *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 66: 79– 87
- Can M** (2007) İstatistiksel Süreç Kontrolünde Deney Tasarımlı Süreç Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Konya, 98 s.
- Corbett C.J, Pan J** (2002) “Evaluating Environmental Performance Using Statistical Process Control Techniques”, *European Journal of Operational Research*, 139: 68-83
- Clark D.E, Cushing B.M and Bredenberg C.E** (1998) Monitoring Hospital Trauma Mortality Using Statistical Process Control Methods, *American College of Surgeons Published by Elsevier Science Inc.*, 186 (6): 630-635
- Çetinkaya C, Arabacı U** (2004) Yakma Alın Kaynağı İle Birleştirilen 16MnCr5 Zincir Çeliğinde Yığma Akım Zamanı ve Tam Tavlama Isıl İşleminin Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (4): 455-465.
- Çetinkaya C, Arabacı U** (2006) Flash butt welding application on 16MnCr5 chain steel and investigations of mechanical properties. *Materials and Design*, 27: 1187– 1195
- Çetinkaya C, Arabacı U ve Akay A** (2006) Yakma Alın Kaynağı İle Kaynatılmış İki Farklı Çeliğin Kaynak Kalitesine Yığma Akım Zamanının Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21 (4): 519-525.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Çetin S, Birgören B** (2007) Çok Değişkenli Kalite Kontrol Çizelgelerinin Döküm Sanayinde Uygulanması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22 (4): 809-818.
- Çilan Ç A** (2006) Kalite Kontrol Diyagramlarında Varsayımların Sağlanması Ve Cam Sanayiinde Bir Uygulama. [www.Ekonometridernegi.Org/bildiriler](http://www.Ekonometridernegi.Org/bildiriler), (29.10.2006).
- Dale B.G, Elkjaer M.B.F, Wiele and Williams A.R.T** (2001) “Fad, Fashion And Fit: An Examination of Quality Circles, Business Process Re-Engineering And Statistical Process Control”, *International Journal of Production Economics*, 73: 137-152
- De Magalhaes M.S, Costa A.F.B and Moura Neto F.D** (2006) Adaptive control charts:A Markovian approach for processes subject to independent disturbances, *Int. J. Production Economics* 99: 236–246
- Dubek M, Burlikowska** (2005) Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process Cp, Cpk, *Journal of Materials Processing Technology*, 162–163: 736–743.
- Durkee J.B** (2008) "Magnificent Seven" Techniques Enhance Statistical Process Control, [www.metalfinishing.com](http://www.metalfinishing.com) (25.06.2008)
- Durman B M, Pakdil F** (2005) İstatistiki Proses Kontrol Uygulamaları İçin Bir Sistem Tasarımı. *VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Elevli S, Behdioğlu S** (2006) İstatistiksel proses kontrolü teknikleri ile kömür kalitesindeki değişkenliğin belirlenmesi. *Madencilik*, 45 (3): 19-26.
- Ertuğrul İ, Karakaşoğlu N** (2005) Toplam Kalite Yönetimi Açısından Performans Değerlendirme ve Denizli İmalat Sanayinde Uygulanabilirliğine İlişkin Bir Çalışma. *VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Fugate M.L** (2001) Vibration-Based Damage Detection Using Statistical Process Control, *Mechanical Systems And Signal Processing*, 15(4): 707-721
- Gençyılmaz G, Zaim S** (1999) Eğitimde Toplam Kalite Yönetimi. İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi, 28: 9-35
- Işığçok E** (2004) *Toplam Kalite Yönetimi Bakış Açısıyla İstatistiksel Proses Kontrol*. 1. basım, Ezgi Kitabevi, Bursa, 426s.
- Kahraman F, Koç S** (2004) Uçaklarda Kullanılan Kritik Ünitelerin Performans Karakteristiğini Etkileyen Faktörlerin Deneysel Tasarım Yöntemi ile Optimizasyonu. *Türkiye Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği XXIV Ulusal Kongresi*.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Kakuro A** (2000) “A Demonstrative Study of a New SQC Concept and Procedure in the Manufacturing Industry”, *Mathematical and Computer Modelling*, 31: 1-10
- Kapıcı T** (2005) İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri ve Tersanelerde Kaynak Prosesine Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 148 s.
- Karabacakoğlu E** (1999) İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin İncelenmesi ve Bilgisayar Yazılımının Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 129 s.
- Kaya İ, Ağa A** (2003) Kalite İyileştirme Sürecinin Yedi Temel Aracı Ve Motor-Traktör İmalatı Yapan Bir İşletmede Uygulanması. [www.Sosyalbil.Selcuk.Edu.Tr/.../Makaleler/](http://www.Sosyalbil.Selcuk.Edu.Tr/.../Makaleler/), (21.02.2007).
- Kaya İ, Gözen Ş, Engin O** (2004) Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Uzman Sistemlerin Kullanımı. *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 1 (4): 87-101.
- Kaya İ, Engin O** (2005) Kalite İyileştirme Sürecinde Yapay Zekâ Tekniklerinin Kullanımı. *P.Ü. Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bölümler Dergisi*, 11 (1): 103-114.
- Kaya İ, Oktay S ve Engin O** (2005) Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı. *E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1-2): 103-114.
- Koçer B, Birgören B** (2004) İstatistiksel Proses Kontrol Çizelgelerinde Hata Teşhisine Yönelik Yaklaşımlar. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (4): 59-69.
- Köksal G** (2001) Problem çözme teknikleri. *Eğitimde Toplam Kalite Yönetimi Semineri*, ODTÜ, 27 s.
- Küçükçongar A** (2002) İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 110 s.
- MEB** (2005) *Temel Kaynak I*. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara, 52s.
- Motorcu A R, Güllü A** (2006) Statistical process control in machining, a case study for machine tool capability and process capability. *Materials and Design*, 27: 364–372.
- Olcayto C C** (1996) Kesici Takım Üretiminde Isıl İşlem Aşamasının Ürün Kalitesine Etkisi Ve İstatistiksel Proses Kontrol Yardımı İle Isıl İşlem Uygulamasının Gözetimi. Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji Anabilim Dalı, İstanbul, 86s.

## KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Özcan S** (2001) İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi Ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama. *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 2 (2): 151-174.
- Özel S, Birgören B** (2005) Talaşlı İmalatta Küçük Partili Üretimler İçin Bir İstatistiksel Proses Kontrol Uygulaması. *K.Ü. Teknoloji Dergisi*, 8 (1): 9-23.
- Patel B, Heising C.D** (1997) Statistical Analysis Of The Ft. Calhoun Reactor Coolant Pump System, *Ann. Nucl. Energy*, 24 (3): 167-175
- Schippers W.A.J** (2001) “An Integrated Approach to Process Control”, *International Journal of Production Economics*, 69: 93-105
- Sol B** (2007) Proses Kontrol İçin Çözümleyici ve Yorumlayıcı İstatistiksel Analiz Programı. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İstanbul 119s.
- Şimşek M** (1998) *Kalite Kavramı*. Kalite Yönetimi, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul, 76s.
- Thomson M, Twigg P. M, Majeed B. A and Ruck N** (2000) “Statistical Process Control Based Fault Detection of CHP Units”, *Control Engineering Practice*, 8: 13-20
- Tezel M F** (2006) İPK (SPC) ve Akışkan Otomasyonu Sanayi Malzemeleri İmalatında Proses Yeteneği Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 100 s.
- Türedi G** (1999) Kalite Güvence Ve Proses Kontrol Sistemlerinin Cam Sanayiine Uygulanması. Yüksek Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 143s
- Tütmez B** (1999) Cevher hazırlamada istatistiksel proses kontrol ve uygulaması. Yüksek Lisans, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, 92s.
- Ulutürk S** (1999) İstatistik Kalite Kontrol Yöntemleri Ve Bir Uygulama. Doktora, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, İstanbul, 197s.
- URL-1** (2008) <http://www.boludemircelik.com/standardlarin-karsilastirilmasi.htm>, 20 Ağustos 2008
- URL-2** (2008) [http://www.efunda.com/materials/alloys/carbon\\_steels/show\\_carbon.cfm?ID=AISI\\_1008&prop=all&Page\\_Title=AISI%201008](http://www.efunda.com/materials/alloys/carbon_steels/show_carbon.cfm?ID=AISI_1008&prop=all&Page_Title=AISI%201008), 20 Ağustos 2008



## **KAYNAKLAR (devam ediyor)**

**Yıldırım S B** (2004) Kalite Yönetimi Sistemleri Bünyesinde Üretim Süreçlerinin Ölçme Belirsizlikleri ve Hata Analizleri ile Kontrolü. Yüksek Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 169s.

**Zhang W, Igel B** (2001) “Managing The Product Development Of China's SPC Switch Industry as an Example of Cops”, *Technovation*, 21: 361-368

**Zorriassatine F, Tannock J.D.T and O'brien D.C** (2003) “Using Novelty Detection to Identify Abnormalities Caused by Mean Shifts In Bivariate Processes”, *Computers & Industrial Engineering*, 44: 385-408



**EK AÇIKLAMALAR A**

**KONTROL GRAFİKLERİNDE KULLANILAN KATSAYILAR**

Çizelge A.1 Kontrol grafiklerinde kullanılan katsayılar.

<b>Gruptaki Örneklem Sayısı</b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>D<sub>3</sub></b>	<b>D<sub>4</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>3</sub></b>	<b>B<sub>4</sub></b>
<b>2</b>	1,88	0	3,267	1,128	2,659	0	3,267
<b>3</b>	1,023	0	2,575	1,693	1,954	0	2,568
<b>4</b>	0,729	0	2,282	2,059	1,628	0	2,266
<b>5</b>	0,577	0	2,115	2,326	1,427	0	2,089
<b>6</b>	0,483	0	2,004	2,534	1,287	0,03	1,970
<b>7</b>	0,419	0,076	1,924	2,704	1,182	0,118	1,882
<b>8</b>	0,373	0,136	1,864	2,847	1,099	0,185	1,815
<b>9</b>	0,337	0,184	1,816	2,970	1,032	0,239	1,761
<b>10</b>	0,308	0,223	1,777	3,078	0,975	0,284	1,716

**EK AÇIKLAMALAR B**  
**ÇEKME DENEYİ GRAFİK KARTLARI**





MÜŞTERİ CUSTOMER	10x28 MM KALIBRE ZİNCİR	1000	1000
ZİNCİR ÇÜŞÜJÜ CHAIN SIZE	DIN 766 MORMUNA UYGUN	500	500
STANDART	SAE 1008 KALİTE	900	900
MALZEME MATERIAL	TEST YÜKÜ TEST LOAD	1750	1750
	TEST YÜKÜ ALTINDA UZAMA ELONGATION UNDER THE TEST LOAD	800	800
	KOPMA YÜKÜ BREAKING LOAD	250	250
	KOPMA YÜKÜ ALTINDA UZAMA ELONGATION UNDER THE BREAKING LOAD	1000	1000
	TEST YÜKÜ ALTINDA UZAMA ELONGATION UNDER TEST LOAD	900	900
	KOPMA YÜKÜ BREAKING LOAD	1000	1000
	KOPMA YÜKÜ ALTINDA UZAMA ELONGATION UNDER THE BREAKING LOAD	400	400
	SEFTLİK HARDNESS	400	400
İZLENİM OBSERVATION	ZİNCİR 3 BAKLALI OLARAK TEST	100	100
	İŞLEMİNE TUTULMUŞ OLUŞ STANDART DEĞERİ	500	500
	ÜZERİNDE KAYNAK HARİCİ BÖLGEDEN KOPTUĞU	400	400
	GÖRÜLMÜŞTÜR.	1000	1000
TESTİ YAPAN TESTED BY	5. BAŞAK ZENGER (KYST)	800	800
MÜHÜR SIGNATURE	ZİNTAŞ KASTAMONU ZİNCİR SAN. ve TİC. A.Ş. 21.08.2008	100	100
	İLETİLEN RECEIVED	100	100

FORM NO : ZF 08-1  
SAYFA : 1/1  
REVİZYON : 1  
REVİZYON TARİHİ : 19.05.200

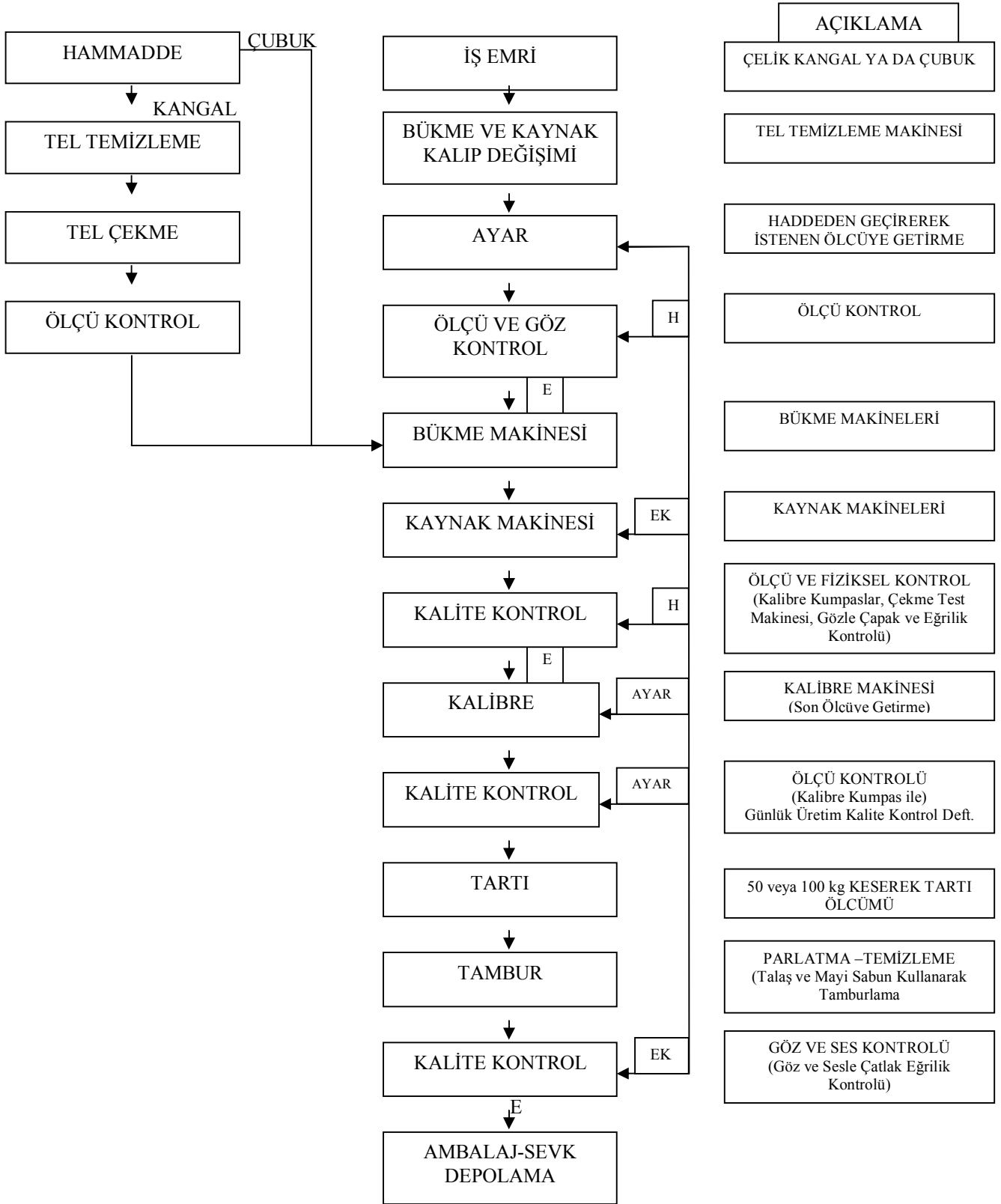
Şekil B.3 Presli-sıyrımsız çekme deneyi grafik kartı.



## **EK AÇIKLAMALAR C**

### **NOMİNAL ÇAPI 10 mm ZİNCİRE AİT ÜRETİM SÜREÇ ŞEMASI**

**ÜRETİM SÜREÇ ŞEMASI**  
(Nominal Çapı 10 mm Zincir Üretim Süreci)



Şekil C.4 Nominal Çapı10 mm zincirin üretim süreç şeması.

**EK AÇIKLAMALAR D**

**VERİ TABLOSU**

Çizelge D.2 Veri tablosu.

ZİNTAŞ KASTAMONU ZİNCİR SANAYİ VE TİCARET AŞ						
						Form No: .....
						Üretim Tarihi: ..../.../200..
VERİ TOPLAMA FORMU						
<b>Ürünün Adı ve Kodu</b>		DIN 766 Yuvarlak Çelik Baklalı Zincir				
<b>Malzeme</b>		SAE 1008				
<b>Nominal Çap</b>		10 mm				
<b>Üretim Toleransı</b>		27,5 ± 0,5				
<b>Makine No</b>		KEH 5.1				
<b>Gerekli Diğer Bilgiler</b>		Ölçme işleminde 1/20 lik kumpas kullanılmaktadır.				
<b>Alt Grup Sayısı</b>		.....				
<b>Alt Grup Büyüklüğü</b>		5				
<b>Operatör</b>		.....				
<b>Kumpas Ölçüm Değerleri</b>		Yakma Alın Kaynağı Sonrası				
		Örnekleme Sayısı				
Saat	Alt Grup	X1	X2	X3	X4	X5
08.00	1					
09.00	2					
10.00	3					
11.00	4					
12.00	5					
13.00	6					
14.00	7					
15.00	8					
21.30	9					
22.30	10					
23.30	11					
00.30	12					
01.30	13					
02.30	14					
03.30	15					
04.30	16					
<b>Açıklama</b>						
<b>Kontrol</b>	<b>Operatör</b>	<b>İmalat Şefi</b>			<b>İmalat Mühendisi</b>	
<b>Ad-Soyadı</b>						
<b>İmza</b>						
<b>Tarih</b>						

**EK AÇIKLAMALAR E**

**ŞUBAT 2007 (İLK VERİLER) VERİLERİ**

Çizelge E.3 Yakma alın kaynağı sonrası Şubat 2007 verileri.

AG	X1	X2	X3	X4	X5	AG	X1	X2	X3	X4	X5
1	27,80	27,80	27,90	27,70	27,80	37	27,80	27,80	27,80	27,75	27,85
2	27,85	27,80	27,90	27,85	27,85	38	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80
3	27,80	27,70	27,90	27,80	27,80	39	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50
4	27,90	27,85	27,90	27,95	27,90	40	27,45	27,55	27,50	27,45	27,55
5	27,90	27,90	27,90	27,90	27,90	41	27,55	27,65	27,65	27,50	27,65
6	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	42	27,60	27,50	27,70	27,60	27,60
7	27,90	27,75	27,85	27,65	27,85	43	27,50	27,45	27,55	27,50	27,50
8	27,65	27,50	27,45	27,50	27,40	44	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55
9	27,95	27,90	27,85	27,85	27,95	45	27,60	27,50	27,60	27,65	27,65
10	27,90	27,70	27,65	27,85	27,90	46	27,45	27,50	27,55	27,50	27,50
11	27,90	27,90	27,85	27,95	27,90	47	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55
12	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	48	27,60	27,50	27,45	27,45	27,50
13	27,90	27,90	27,90	27,90	27,90	49	27,50	27,50	27,45	27,55	27,50
14	27,85	27,95	27,90	27,90	27,90	50	27,50	27,50	27,55	27,45	27,50
15	27,95	27,90	27,90	27,85	27,90	51	27,45	27,55	27,50	27,50	27,50
16	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	52	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50
17	27,55	27,60	27,50	27,45	27,40	53	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50
18	27,50	27,75	27,80	27,45	27,50	54	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50
19	27,80	27,65	27,50	27,45	27,60	55	27,50	27,50	27,60	27,70	27,70
20	27,50	27,45	27,55	27,60	27,40	56	27,90	27,85	27,90	27,95	27,90
21	27,75	27,90	27,65	27,80	27,90	57	27,70	27,75	27,80	27,90	27,85
22	27,70	27,80	27,60	27,70	27,70	58	27,80	27,75	27,80	27,85	27,80
23	27,60	27,65	27,80	27,75	27,70	59	27,90	27,95	27,90	27,90	27,85
24	27,50	27,45	27,65	27,65	27,75	60	27,80	27,75	37,85	27,80	27,80
25	27,50	27,55	27,65	27,60	27,70	61	27,80	27,85	27,75	27,80	27,80
26	27,65	27,50	27,60	27,55	27,70	62	27,85	27,80	27,80	27,85	27,70
27	27,45	27,55	27,40	27,55	27,55	63	27,45	27,55	27,50	27,50	27,50
28	27,80	27,75	27,90	27,80	27,75	64	27,40	27,50	27,55	27,50	27,55
29	27,70	27,85	27,75	27,80	27,90	65	27,60	27,60	27,70	27,50	27,60
30	27,80	27,85	27,80	27,80	27,75	66	27,55	27,50	27,50	27,50	27,45
31	27,90	27,90	27,95	27,85	27,90	67	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80
32	27,90	27,90	27,85	27,90	27,95	68	27,80	27,60	27,85	27,60	27,65
33	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	69	27,85	27,60	27,90	27,55	27,60
34	27,80	27,75	27,85	27,75	27,85	70	27,80	27,60	27,80	27,60	27,70
35	27,85	27,90	27,90	27,95	27,90	71	27,60	27,50	27,70	27,55	27,65
36	27,70	27,85	27,80	27,80	27,85	72	27,50	27,55	27,45	27,50	27,50
73	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50	128	27,70	27,65	27,70	27,75	27,70
74	27,45	27,55	27,50	27,50	27,50	129	27,80	27,70	27,70	27,60	27,70
75	27,60	27,80	27,70	27,80	27,60	130	27,80	27,60	27,70	27,60	27,80
76	27,90	27,70	27,80	27,75	27,85	131	27,75	27,80	27,80	27,85	27,80
77	27,70	27,60	27,70	27,70	27,80	132	27,60	27,65	27,60	27,55	27,60
78	27,65	27,60	27,60	27,50	27,65	133	27,60	27,65	27,60	27,55	27,60
79	27,55	27,50	27,45	27,50	27,50	134	27,80	27,80	27,85	27,75	27,80
80	27,50	27,55	27,50	27,50	27,45	135	27,50	27,45	27,55	27,45	27,55
81	27,55	27,45	27,50	27,50	27,50	136	27,40	27,50	27,55	27,55	27,50
82	27,50	27,55	27,45	27,50	27,50	137	27,50	27,55	27,50	27,50	27,45
83	27,50	27,45	27,50	27,50	27,55	138	27,55	27,60	27,60	27,60	27,65
84	27,50	27,65	27,60	27,65	27,60	139	27,70	27,80	27,65	27,65	27,70
85	27,75	27,80	27,65	27,60	27,70	140	27,75	27,80	27,80	27,85	27,80
86	27,60	27,60	27,60	27,55	27,65	141	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80
87	27,50	27,55	27,50	27,50	27,45	142	27,85	27,95	27,90	27,90	27,90
88	27,60	27,55	27,55	27,70	27,60	143	27,60	27,70	27,65	27,55	27,50
89	27,70	27,75	27,70	27,65	27,70	144	27,80	27,70	27,65	27,70	27,65
90	27,80	27,80	27,85	27,80	27,75	145	27,80	27,85	27,80	27,80	27,75
91	27,80	27,70	27,70	27,60	27,70	146	27,80	27,85	27,80	27,80	27,75

Çizelge E.3 (devam ediyor).

92	27,80	27,75	27,80	27,80	27,85	147	27,75	27,70	27,70	27,65	27,70
93	27,80	27,80	27,70	27,90	27,80	148	27,75	27,65	27,70	27,70	27,70
94	27,80	27,85	27,80	27,80	27,75	149	27,50	27,55	27,45	27,50	27,50
95	27,50	27,60	27,60	27,80	27,50	150	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50
96	27,55	27,50	27,50	27,50	27,45	151	27,70	27,80	27,60	27,70	27,70
97	27,80	27,55	27,55	27,80	27,80	152	27,80	27,70	27,70	27,50	27,80
98	27,80	27,60	27,60	27,80	27,70	153	27,60	27,50	27,60	27,60	27,70
99	27,85	27,85	27,80	27,75	27,75	154	27,75	27,60	27,70	27,70	27,75
100	27,90	27,80	27,75	27,75	27,80	155	27,90	27,85	27,90	27,90	27,95
101	27,40	27,50	27,60	27,50	27,50	156	27,90	27,90	27,95	27,85	27,90
102	27,55	27,60	27,70	27,65	27,50	157	27,80	27,75	27,80	27,85	27,80
103	27,55	27,50	27,55	27,40	27,50	158	27,45	27,50	27,55	27,50	27,50
104	27,40	27,55	27,55	27,50	27,50	159	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55
105	27,50	27,55	27,50	27,40	27,55	160	27,65	27,50	27,60	27,55	27,70
106	27,55	27,45	27,50	27,45	27,55	161	27,70	27,65	27,75	27,70	27,70
107	27,45	27,50	27,45	27,60	27,50	162	27,70	27,70	27,75	27,65	27,70
108	27,65	27,75	27,70	27,75	27,65	163	27,65	27,50	27,70	27,55	27,60
109	27,80	27,85	27,80	27,75	27,80	164	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50
110	27,75	27,60	27,80	27,65	27,70	165	27,85	27,80	27,70	27,85	27,80
111	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80	166	27,85	27,70	27,75	27,90	27,80
112	27,80	27,75	27,80	27,80	27,85	167	27,50	27,50	27,55	27,50	27,45
113	27,60	27,70	27,80	27,70	27,70	168	27,45	27,50	27,50	27,55	27,50
114	27,80	27,60	27,80	27,65	27,65	169	27,60	27,60	27,65	27,60	27,55
115	27,70	27,65	27,65	27,70	27,80	170	27,45	27,50	27,50	27,55	27,50
116	27,55	27,60	27,55	27,60	27,70	171	27,60	27,50	27,45	27,50	27,45
117	27,50	27,80	27,50	27,50	27,70	172	27,50	27,50	27,50	27,45	27,55
118	27,50	27,80	27,50	27,50	27,70	173	27,70	27,60	27,60	27,60	27,50
119	27,50	27,45	27,50	27,50	27,55	174	27,80	27,70	27,60	27,80	27,60
120	27,50	27,70	27,60	27,60	27,60	175	27,70	27,80	27,50	27,90	27,60
121	27,50	27,60	27,60	27,70	27,60	176	27,70	27,65	27,65	27,70	27,80
122	27,50	27,45	27,55	27,50	27,50	177	27,60	27,55	27,60	27,60	27,65
123	27,65	27,70	27,70	27,80	27,65	178	27,50	27,55	27,50	27,50	27,45
124	27,50	27,50	27,50	27,45	27,55	179	27,50	27,50	27,45	27,55	27,50
125	27,55	27,70	27,60	27,60	27,55	180	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50
126	27,60	27,75	27,70	27,75	27,70	181	27,60	27,65	27,60	27,55	27,60
127	27,55	27,60	27,65	27,60	27,60	182	27,70	27,80	27,60	27,60	27,80

Çizelge E.4 Süreç Yeterlilik Analizinde kullanılan ölçüye getirme işlemi sonrası Şubat 2007 verileri.

AG	X1	X2	X3	X4	X5	AG	X1	X2	X3	X4	X5
1	28,10	28,10	28,20	28,10	28,00	29	28,10	28,10	28,10	28,20	28,00
2	28,10	28,20	28,10	28,00	28,10	30	27,90	27,95	27,90	27,85	27,90
3	27,90	28,10	28,00	27,90	28,10	31	27,95	27,90	27,90	27,95	27,80
4	27,90	27,80	27,90	28,00	27,90	32	28,10	28,10	28,10	28,10	28,10
5	27,90	27,90	28,00	27,80	27,90	33	28,00	27,90	28,00	28,00	28,10
6	27,80	27,75	27,80	27,80	27,85	34	28,00	28,00	28,10	27,90	28,00
7	27,80	27,90	28,10	27,90	27,80	35	28,00	28,00	27,90	28,10	28,00
8	28,00	28,10	28,00	28,00	27,90	36	27,80	27,80	27,85	27,75	27,80
9	28,00	28,10	28,10	28,20	28,10	37	27,85	27,85	27,90	28,00	27,90
10	28,10	28,10	28,10	28,20	28,00	38	27,90	27,95	27,90	27,85	27,90
11	28,10	28,10	28,00	28,10	28,20	39	27,90	27,90	27,80	27,90	28,00
12	28,10	28,10	28,00	28,20	28,10	40	27,90	28,10	28,10	28,20	28,20
13	28,00	28,00	28,00	27,90	28,10	41	28,10	28,10	28,10	28,00	28,20
14	28,00	27,90	27,90	27,90	27,80	42	27,90	28,00	27,90	28,00	28,20
15	28,00	28,00	28,00	27,90	28,10	43	28,10	28,10	28,00	28,10	28,20
16	27,90	27,80	27,90	28,00	27,90	44	28,10	27,90	28,00	27,90	28,10
17	28,30	28,20	28,10	28,20	28,20	45	28,10	27,85	28,00	27,95	28,10
18	28,10	28,30	28,20	28,20	28,20	46	28,00	28,00	27,90	28,10	28,00
19	28,20	28,00	28,10	28,00	28,20	47	27,85	27,90	27,90	27,95	27,90
20	28,10	28,10	28,20	28,10	28,00	48	28,10	28,10	28,20	28,00	28,10
21	28,20	28,00	28,10	28,10	28,10	49	28,00	28,00	28,10	27,90	28,00
22	28,00	28,10	28,00	27,90	28,00	50	28,00	28,10	28,20	28,10	28,10
23	28,00	28,00	28,10	28,00	27,90	51	28,20	28,30	28,20	28,10	28,20
24	28,00	28,20	28,10	28,10	28,10	52	28,10	28,25	28,20	28,30	28,15
25	28,10	28,10	28,10	28,10	28,10	53	28,10	28,10	28,20	28,00	28,10
26	28,10	28,20	28,10	28,10	28,00	54	28,10	28,00	28,10	27,90	27,90
27	28,00	28,10	28,00	27,90	28,00	55	27,90	28,00	28,00	28,00	28,10
28	28,10	28,20	28,00	28,10	28,10	56	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90



Çizelge E.5 Makine Yeterlilik Analizinde kullanılan yakma alın kaynağı sonrası Şubat 2007 verileri.

AG	X1	X2	X3	X4	X5	AG	X1	X2	X3	X4	X5
1	27,80	27,80	27,90	27,70	27,80	33	27,80	27,85	27,75	27,80	27,80
2	27,85	27,80	27,90	27,85	27,85	34	27,85	27,80	27,80	27,85	27,70
3	27,80	27,70	27,90	27,80	27,80	35	27,45	27,55	27,50	27,50	27,50
4	27,90	27,85	27,90	27,95	27,90	36	27,40	27,50	27,55	27,50	27,55
5	27,90	27,90	27,90	27,90	27,90	37	27,60	27,60	27,70	27,50	27,60
6	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	38	27,55	27,50	27,50	27,50	27,45
7	27,90	27,75	27,85	27,65	27,85	39	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80
8	27,65	27,50	27,45	27,50	27,40	40	27,80	27,60	27,85	27,60	27,65
9	27,95	27,90	27,85	27,85	27,95	41	27,85	27,60	27,90	27,55	27,60
10	27,90	27,70	27,65	27,85	27,90	42	27,80	27,60	27,80	27,60	27,70
11	27,90	27,90	27,85	27,95	27,90	43	27,60	27,50	27,70	27,55	27,65
12	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	44	27,50	27,55	27,45	27,50	27,50
13	27,90	27,90	27,90	27,90	27,90	45	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50
14	27,85	27,95	27,90	27,90	27,90	46	27,45	27,55	27,50	27,50	27,50
15	27,95	27,90	27,90	27,85	27,90	47	27,60	27,80	27,70	27,80	27,60
16	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	48	27,90	27,70	27,80	27,75	27,85
17	27,90	27,90	27,95	27,85	27,90	49	27,80	27,70	27,70	27,60	27,70
18	27,90	27,90	27,85	27,90	27,95	50	27,80	27,75	27,80	27,80	27,85
19	27,85	27,90	27,95	27,90	27,90	51	27,80	27,80	27,70	27,90	27,80
20	27,80	27,75	27,85	27,75	27,85	52	27,80	27,85	27,80	27,80	27,75
21	27,85	27,90	27,90	27,95	27,90	53	27,50	27,60	27,60	27,80	27,50
22	27,70	27,85	27,80	27,80	27,85	54	27,55	27,50	27,50	27,50	27,45
23	27,80	27,80	27,80	27,75	27,85	55	27,80	27,55	27,55	27,80	27,80
24	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80	56	27,80	27,60	27,60	27,80	27,70
25	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50	57	27,85	27,85	27,80	27,75	27,75
26	27,45	27,55	27,50	27,45	27,55	58	27,90	27,80	27,75	27,75	27,80
27	27,55	27,65	27,65	27,50	27,65	59	27,40	27,50	27,60	27,50	27,50
28	27,60	27,50	27,70	27,60	27,60	60	27,55	27,60	27,70	27,65	27,50
29	27,50	27,45	27,55	27,50	27,50	61	27,55	27,50	27,55	27,40	27,50
30	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55	62	27,40	27,55	27,55	27,50	27,50
31	27,60	27,50	27,60	27,65	27,65	63	27,50	27,55	27,50	27,40	27,55
32	27,45	27,50	27,55	27,50	27,50	64	27,55	27,45	27,50	27,45	27,55



**EK AÇIKLAMALAR F**  
**HAZIRLANAN İSTATİSTİKSEL SÜREÇ KONTROL**  
**EXCEL PROGRAMI ARA YÜZLERİ**

Microsoft Excel - İstatistiksel Proses Kontrol Programı

Yardımlar için soru yazın

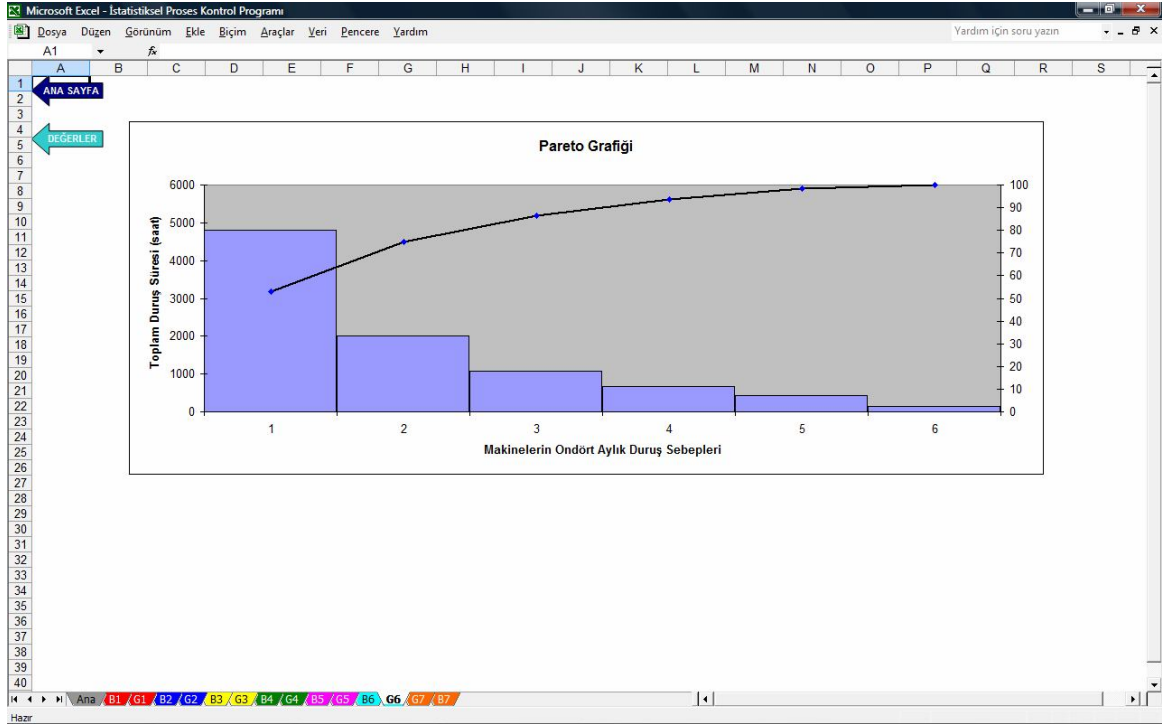
Pareto Analizi

Son On Dört Aylık Makina Duruş Sebepleri

YILLAR >	2006												2007		Toplam	Toplam İçindeki %	Kümülatif Yüze %
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmu	Ağusto	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat			
DURUŞ NEDENİ	687	882.5	572	486.98	702	376	229	210	114.6	64.25	179.4	118.7	90.3	102.9	4815.63	52.80	52.8
Arıza	138	145	148	148	138	42	41	41	89.17	132	164.2	96.5	234.5	453	2010.37	22.04	74.84
Ayar	76	124	76	76	76	34	76	71	63.6	89.3	38.5	26.4	34.2	209	1070	11.73	86.57
Kalıp Değişimi	86	56	86	104	81	71	12	17	5.5	20.5	0	40.3	23.4	56	658.7	7.22	93.80
Yıllık Bakım	56	45	85	45	42	21	27	26	13.75	4.1	14.1	7.9	12.4	23.9	423.15	4.64	98.44
Elektrot Değişimi	6	15.2	20	18	6	3	8	7	9	21	5.5	0.17	12.7	11.2	142.77	1.57	100
	Genel Toplam														9120.62	100	

Hazır

Şekil F.5 Excel programında değerlerin girildiği ara yüz.



Şekil F.6 Excel programında pareto grafik ara yüzü.

**EK AÇIKLAMALAR G**  
**TEMMUZ 2007 (İKİNCİ VERİLER) VERİLERİ**

Çizelge G.6 Yakma alın kaynağı sonrası Temmuz 2007 verileri.

A.G.	X1	X2	X3	X4	X5	A.G.	X1	X2	X3	X4	X5
1	27,55	27,60	27,60	27,65	27,60	56	27,70	27,75	27,75	27,70	27,60
2	27,45	27,55	27,50	27,50	27,50	57	27,55	27,50	27,50	27,40	27,55
3	27,60	27,65	27,55	27,60	27,60	58	27,55	27,55	27,45	27,45	27,50
4	27,65	27,70	27,75	27,70	27,70	59	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55
5	27,60	27,65	27,60	27,55	27,60	60	27,55	27,55	27,45	27,50	27,45
6	27,50	27,50	27,50	27,45	27,55	61	27,50	27,55	27,40	27,55	27,50
7	27,55	27,60	27,60	27,60	27,65	62	27,55	27,55	27,45	27,50	27,45
8	27,75	27,70	27,70	27,65	27,70	63	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50
9	27,65	27,60	27,55	27,65	27,55	64	27,55	27,55	27,50	27,45	27,45
10	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50	65	27,55	27,65	27,65	27,55	27,60
11	27,60	27,65	27,55	27,55	27,65	66	27,65	27,65	27,60	27,50	27,60
12	27,40	27,50	27,55	27,55	27,50	67	27,80	27,80	27,75	27,80	27,85
13	27,65	27,55	27,65	27,60	27,55	68	27,65	27,75	27,75	27,65	27,70
14	27,55	27,50	27,50	27,45	27,50	69	27,65	27,55	27,60	27,55	27,65
15	27,55	27,65	27,60	27,65	27,55	70	27,60	27,50	27,60	27,65	27,65
16	27,55	27,50	27,40	27,50	27,55	71	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80
17	27,50	27,55	27,45	27,50	27,50	72	27,75	27,65	27,70	27,65	27,75
18	27,60	27,55	27,65	27,60	27,60	73	27,45	27,55	27,50	27,45	27,55
19	27,65	27,60	27,60	27,55	27,60	74	27,60	27,65	27,55	27,55	27,65
20	27,75	27,65	27,70	27,65	27,75	75	27,55	27,55	27,65	27,65	27,60
21	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55	76	27,50	27,40	27,55	27,50	27,55
22	27,65	27,60	27,60	27,60	27,55	77	27,45	27,55	27,45	27,55	27,50
23	27,60	27,55	27,65	27,60	27,60	78	27,55	27,65	27,60	27,65	27,55
24	27,70	27,65	27,75	27,75	27,65	79	27,65	27,60	27,55	27,55	27,65
25	27,65	27,55	27,60	27,55	27,65	80	27,50	27,55	27,50	27,40	27,55
26	27,60	27,50	27,60	27,65	27,65	81	27,45	27,50	27,50	27,55	27,50
27	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80	82	27,65	27,60	27,60	27,55	27,60
28	27,75	27,65	27,70	27,65	27,75	83	27,60	27,55	27,60	27,60	27,65
29	27,60	27,55	27,65	27,65	27,55	84	27,70	27,65	27,75	27,65	27,75
30	27,60	27,65	27,65	27,60	27,50	85	27,50	27,50	27,55	27,50	27,45
31	27,85	27,80	27,80	27,75	27,80	86	27,60	27,60	27,55	27,60	27,65
32	27,70	27,65	27,75	27,75	27,65	87	27,65	27,60	27,60	27,55	27,60
33	27,50	27,40	27,55	27,55	27,50	88	27,75	27,75	27,65	27,65	27,70
34	27,45	27,45	27,50	27,55	27,55	89	27,50	27,50	27,55	27,50	27,45
35	27,50	27,50	27,55	27,45	27,50	90	27,60	27,60	27,55	27,60	27,65
36	27,45	27,50	27,45	27,55	27,55	91	27,65	27,60	27,60	27,55	27,60
37	27,40	27,55	27,50	27,50	27,55	92	27,75	27,75	27,65	27,65	27,70
38	27,45	27,50	27,45	27,55	27,55	93	27,45	27,50	27,50	27,55	27,50
39	27,50	27,55	27,50	27,50	27,45	94	27,65	27,60	27,60	27,55	27,60
40	27,50	27,45	27,45	27,55	27,55	95	27,60	27,55	27,60	27,60	27,65
41	27,55	27,45	27,50	27,45	27,55	96	27,70	27,65	27,75	27,65	27,75
42	27,60	27,55	27,65	27,65	27,55	97	27,55	27,60	27,55	27,65	27,65
43	27,65	27,60	27,55	27,60	27,60	98	27,50	27,60	27,65	27,65	27,60
44	27,65	27,75	27,70	27,65	27,75	99	27,80	27,85	27,80	27,80	27,75
45	27,45	27,55	27,55	27,45	27,50	100	27,65	27,70	27,65	27,75	27,75
46	27,65	27,55	27,60	27,55	27,65	101	27,55	27,65	27,65	27,55	27,60
47	27,60	27,60	27,65	27,60	27,55	102	27,65	27,65	27,60	27,50	27,60
48	27,65	27,75	27,65	27,75	27,70	103	27,80	27,80	27,75	27,80	27,85
49	27,65	27,55	27,60	27,65	27,55	104	27,65	27,75	27,75	27,65	27,70
50	27,60	27,65	27,55	27,60	27,60	105	27,50	27,40	27,55	27,50	27,55
51	27,80	27,80	27,85	27,80	27,75	106	27,45	27,45	27,50	27,55	27,55
52	27,60	27,70	27,75	27,75	27,70	107	27,50	27,50	27,55	27,50	27,45
53	27,55	27,65	27,60	27,55	27,65	108	27,45	27,50	27,45	27,55	27,55
54	27,60	27,60	27,55	27,65	27,60	109	27,40	27,55	27,50	27,55	27,50
55	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80	110	27,45	27,50	27,45	27,55	27,55

Çizelge G.6 (devam ediyor).

A.G.	X1	X2	X3	X4	X5	A.G.	X1	X2	X3	X4	X5
111	27,50	27,55	27,50	27,45	27,50	136	27,65	27,75	27,70	27,65	27,75
112	27,50	27,45	27,45	27,55	27,55	137	27,65	27,65	27,55	27,60	27,55
113	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80	138	27,65	27,60	27,50	27,60	27,65
114	27,70	27,65	27,70	27,75	27,70	139	27,80	27,75	27,80	27,85	27,80
115	27,80	27,75	27,85	27,75	27,85	140	27,75	27,75	27,65	27,70	27,65
116	27,55	27,55	27,60	27,65	27,65	141	27,55	27,60	27,55	27,65	27,65
117	27,85	27,80	27,80	27,80	27,75	142	27,50	27,60	27,65	27,65	27,60
118	27,70	27,75	27,70	27,65	27,70	143	27,80	27,85	27,80	27,80	27,75
119	27,85	27,75	27,85	27,75	27,80	144	27,65	27,70	27,65	27,75	27,75
120	27,60	27,65	27,65	27,55	27,55	145	27,50	27,55	27,50	27,40	27,55
121	27,55	27,65	27,55	27,65	27,60	146	27,55	27,55	27,45	27,45	27,50
122	27,50	27,55	27,50	27,50	27,45	147	27,50	27,45	27,50	27,50	27,55
123	27,55	27,55	27,65	27,60	27,65	148	27,55	27,55	27,45	27,50	27,45
124	27,55	27,55	27,50	27,40	27,50	149	27,55	27,50	27,40	27,55	27,50
125	27,65	27,60	27,55	27,65	27,55	150	27,55	27,55	27,45	27,50	27,45
126	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50	151	27,45	27,50	27,50	27,55	27,50
127	27,60	27,65	27,55	27,55	27,65	152	27,55	27,55	27,50	27,45	27,45
128	27,40	27,50	27,55	27,55	27,50	153	27,50	27,50	27,55	27,45	27,50
129	27,50	27,45	27,50	27,50	27,55	154	27,60	27,60	27,55	27,65	27,60
130	27,60	27,65	27,60	27,60	27,55	155	27,55	27,50	27,50	27,50	27,45
131	27,55	27,60	27,65	27,60	27,60	156	27,75	27,75	27,65	27,70	27,65
132	27,65	27,70	27,75	27,75	27,65	157	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55
133	27,55	27,50	27,45	27,50	27,50	158	27,65	27,60	27,60	27,60	27,55
134	27,55	27,60	27,65	27,60	27,60	159	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50
135	27,60	27,65	27,60	27,55	27,60	160	27,70	27,65	27,75	27,75	27,65

Çizelge G.7 Süreç Yeterlilik Analizinde kullanılan ölçüye getirme işlemi sonrası Temmuz 2007 verileri.

AG	X1	X2	X3	X4	X5	AG	X1	X2	X3	X4	X5
1	28,00	28,10	28,00	27,90	28,00	11	28,10	28,00	28,00	27,90	28,00
2	27,90	28,00	28,10	28,00	28,00	12	28,00	27,90	28,10	28,00	28,00
3	27,90	28,10	28,00	27,90	28,10	13	28,10	28,00	28,10	28,20	28,10
4	28,10	28,00	28,10	28,20	28,10	14	27,80	27,70	27,80	27,80	27,90
5	27,90	27,90	28,00	27,80	27,90	15	28,20	28,20	28,20	28,20	28,20
6	27,90	28,00	28,10	28,00	28,00	16	28,10	28,00	27,90	28,00	28,00
7	28,00	28,10	28,20	28,10	28,10	17	28,00	28,10	28,00	27,90	28,00
8	28,00	27,90	27,90	27,80	27,90	18	28,00	28,10	28,20	28,10	28,10
9	27,90	28,00	28,00	28,10	28,00	19	28,00	28,00	28,10	28,00	27,90
10	28,00	27,90	27,90	27,80	27,90	20	27,90	28,00	28,10	28,00	28,00

Çizelge G.8 Makine Yeterlilik Analizinde kullanılan yakma alın kaynağı sonrası Temmuz 2007 verileri.

AG	X1	X2	X3	X4	X5	AG	X1	X2	X3	X4	X5
1	27,55	27,60	27,60	27,65	27,60	25	27,45	27,55	27,50	27,45	27,55
2	27,45	27,55	27,50	27,50	27,50	26	27,60	27,65	27,55	27,55	27,65
3	27,60	27,65	27,55	27,60	27,60	27	27,55	27,55	27,65	27,65	27,60
4	27,65	27,70	27,75	27,70	27,70	28	27,50	27,40	27,55	27,50	27,55
5	27,60	27,65	27,60	27,55	27,60	29	27,45	27,55	27,45	27,55	27,50
6	27,50	27,50	27,50	27,45	27,55	30	27,55	27,65	27,60	27,65	27,55
7	27,55	27,60	27,60	27,60	27,65	31	27,65	27,60	27,55	27,55	27,65
8	27,75	27,70	27,70	27,65	27,70	32	27,50	27,55	27,50	27,40	27,55
9	27,65	27,60	27,55	27,65	27,55	33	27,50	27,55	27,50	27,40	27,55
10	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50	34	27,55	27,55	27,45	27,45	27,50
11	27,60	27,65	27,55	27,55	27,65	35	27,50	27,45	27,50	27,50	27,55
12	27,40	27,50	27,55	27,55	27,50	36	27,55	27,55	27,45	27,50	27,45
13	27,65	27,55	27,65	27,60	27,55	37	27,55	27,50	27,40	27,55	27,50
14	27,55	27,50	27,50	27,45	27,50	38	27,55	27,55	27,45	27,50	27,45
15	27,55	27,65	27,60	27,65	27,55	39	27,45	27,50	27,50	27,55	27,50
16	27,55	27,50	27,40	27,50	27,55	40	27,55	27,55	27,50	27,45	27,45
17	27,55	27,65	27,65	27,55	27,60	41	27,50	27,50	27,55	27,45	27,50
18	27,65	27,65	27,60	27,50	27,60	42	27,60	27,60	27,55	27,65	27,60
19	27,80	27,80	27,75	27,80	27,85	43	27,55	27,50	27,50	27,50	27,45
20	27,65	27,75	27,75	27,65	27,70	44	27,75	27,75	27,65	27,70	27,65
21	27,65	27,55	27,60	27,55	27,65	45	27,45	27,50	27,50	27,50	27,55
22	27,60	27,50	27,60	27,65	27,65	46	27,65	27,60	27,60	27,60	27,55
23	27,75	27,80	27,85	27,80	27,80	47	27,50	27,45	27,50	27,55	27,50
24	27,75	27,65	27,70	27,65	27,75	48	27,70	27,65	27,75	27,75	27,65



## **ÖZGEÇMİŞ**

Ersin SELALMAZ, 1977 yılında Kastamonu’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Merkez Teknik Lisesi, Makine Bölümü’nden mezun olduktan sonra 1995 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Öğretmenliği bölümüne girdi; 1999’da “iyi” derece ile mezun olduktan sonra Kastamonu Taşköprü Mustafa Sıtkı Erkek Anadolu Teknik Lise, Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesinde Makine Eğitimi Bölümünde Öğretmen olarak göreve başladı; halen 2005 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı altında sürdürmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres:Kastamonu Taşköprü Mustafa Sıtkı Erkek Anadolu Teknik Lise,  
Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi  
Taşköprü / KASTAMONU

Tel:(505) 2380950 - (366) 417 11 50

Faks:(366) 417 11 00

E-posta:ersinslm@mynet.com

