

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

TARIMSAL AMAÇLI PLASTİK TORBA ÜRETİM MAKİNESİNDE
GELİŞTİRMELER YAPILARAK POLİETİLEN (PE) FİLM KOPMA
NEDENLERİNİN 6 SİGMA YÖNTEMLERİYLE ANALİZİ

Burcu ER

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ANKARA
2025

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

TARIMSAL AMAÇLI PLASTİK TORBA ÜRETİM MAKİNESİNDE GELİŞTİRMELER YAPILARAK POLİETİLEN (PE) FİLM KOPMA NEDENLERİNİN 6 SİGMA YÖNTEMLERİYLE ANALİZİ

Burcu ER

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Recai GÜRHAN

Globalleşen dünyada haritadaki sınırlar ekonomik anlamda yok olmaya başlamıştır, buna bağlı olarak dünya ekonomisinde müşteriler, tedarikçilerinden yüksek düzeyde kalite beklentisi içerisinde dirler. Günümüzde rekabetin karşı konulamaz bir biçimde artması sonucunda, firmaların ayakta kalabilmesi giderek daha da güç bir hal almaktadır. Müşterilerin beklentilerine ancak en doğru şekilde cevap verebilen şirketler, gelecekte varlıklarını sürdürebileceklerdir. Müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda en kaliteli ürünü uygun fiyattan piyasaya sunabilmek, günümüz şirketlerinin temel hedeflerinden biridir. Tam da bu noktada Altı Sigma yaklaşımı, şirketlerin deneyebilecekleri en etkili yöntemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Altı Sigma metodolojisi, müşteri odaklı bir yöntemdir ve müşterinin temel gereksinimlerini önemsemeyi sorunun çözümü için başlangıç saymaktadır. Bu tez çalışmasında, altı sigma yaklaşımı uygulanarak, tarımsal amaçlı gübre ve zirai ilaçların taşınmasında aktif olarak kullanılan plastik torbaların üretim makineleri, prosesleri, kontrol adımları baz alınarak; torbadaki PE (Polietilen) film kopmalarının kök nedenleri araştırılmış, örnek bir firmanın üretiminde gerekli ölçümler yapılmış ve Minitab programı ile analizler yapılarak, üretim prosesinde iyileştirmeler gerçekleştirilmiştir. Altı sigma kavramı ve önermiş olduğu iyileştirme adımları incelenerek, şirketlerin altı sigma yaklaşımına hazırlık ve süreç aşamaları net bir biçimde ortaya konulmuştur. Bir firmada PE Film hattı film kopmaları kaynaklı duruş süreleri azaltılarak 24.012 TL/yıl tasarruf sağlanmış, telef miktarının azaltılması ile mali yönden 13.938 TL/yıl tasarruf ile birlikte toplamda 37.950 TL/yıl, yıllık %32 tasarruf elde edilmiştir. Buna ek olarak, üretim kaybı %25 azaltılmıştır. Yıllık 690.000 metre daha fazla üretim ile beraber, PE film kopmalar arası miktar 27.000 metreden 85.000 metreye çıkarılmıştır. Altı sigma projelerinde, değişimin yapılması kadar önemli olan yegane unsurun, şirketin tüm personeli tarafından değişimi desteklenmesi gerekliliği tespit edilmiştir.

Ocak 2025, 108 sayfa

Anahtar Kelimeler: Altı Sigma, Plastik Gübre Torbası, Minitab, Yalın Üretim, Plastik Torba Üretimi Süreç İyileştirme

ABSTRACT

PhD Thesis

ANALYSIS OF POLYETHYLENE (PE) FILM BREAKDOWN REASONS BY 6 SIGMA METHODS BY MAKING IMPROVEMENTS IN AGRICULTURAL PURPOSE PLASTIC BAG PRODUCTION MACHINE

Burcu ER

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Recai GÜRHAN

In a globalizing world, the borders on the map have started to disappear in economic terms, and accordingly, customers in the world economy expect high levels of quality from their suppliers. Today, as a result of the irresistible increase in competition, it is becoming increasingly difficult for companies to survive. Only companies that can respond to customer expectations in the most accurate way will be able to survive in the future. One of the main goals of today's companies is to offer the best quality product at an affordable price in line with the needs of customers. At this point, the Six Sigma approach is one of the most effective methods that companies can try. The Six Sigma methodology is a customer-oriented methodology and considers paying attention to the basic needs of the customer as the beginning of solving the problem. In this thesis study, by applying the six sigma approach, based on the production machines, processes and control steps of plastic bags, which are actively used in the transportation of fertilizers and pesticides for agricultural purposes; the root causes of PE (Polyethylene) film breaks in the bag were investigated, necessary measurements were made in the production of a sample company and improvements were made in the production process by analyzing with Minitab program. By examining the concept of six sigma and the improvement steps it proposes, the preparation and process stages of companies for the six sigma approach are clearly revealed. In one company, by reducing the downtime due to film breaks in the PE Film line, 24,012 TL/year savings were achieved, and with the reduction of the amount of waste, a total of 37,950 TL/year, 32% annual savings were achieved with a financial saving of 13,938 TL/year. In addition, production loss was reduced by 25%. With an annual production of 690,000 meters more, the amount between PE film breaks was increased from 27,000 meters to 85,000 meters. In six sigma projects, it has been recognized that the only element as important as making the change is the support for the change by the entire staff of the company.

January 2025, 108 page

Key Words: Six Sigma, Plastic Fertilizer Bag, Minitab, Lean Production, Plastic Bag Production, Process Improvement

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmanın tüm aşamalarında değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, yapıcı desteğini ve birikimini benimle paylaşan hocam Sayın Prof. Dr. Recai GÜRHAN'a teşekkür ederim. Çalışmaların değerlendirilmesi ve izlenmesi için değerli zamanlarını ayıran ve tecrübelerinden her zaman faydalandığım hocam Sayın Prof. Dr. üyeleri Prof. Dr. Metin GÜNER'e, Prof. Dr. Kazım ÇARMAN'a, Prof. Dr. Tamer MARAKOĞLU ve Doç Dr. Necati ÇETİN teşekkür ederim.

Tezin uygulama bölümünde yaptığım araştırma boyunca bilgilerinden faydalandığım, insani ve ahlaki değerleri itibari ile kendime örnek aldığım, ayrıca deneyimlerinden yararlandığım örnek seçilen firmanın müdürüne ve değerli firma çalışanlarına, bana karşı göstermiş olduğu hoşgörü, destek ve sabırdan dolayı başta çok değerli eşim Erkan ER'e ve minik yavrularım Duru ER ve Mehmet Giray ER'e, beni bugünlere getiren annem Yaprak ALPGİRAY ve babam Ali Cengiz ALPGİRAY ve ablam Bahar KAPUCUOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Burcu ER
Ankara, Ocak 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Plastikler	4
1.1.1 Plastiklerin üretimi	5
1.2 Ambalaj Olarak Plastik	8
1.3 Türkiye’de Plastik Sektörü	9
1.3.1 Türkiye’de plastik işleme makinelerinin güncel durumu	10
1.4 Plastik Torba Üretimi.....	10
1.5 Plastik Torba Üretimi Akışı ve Hatlar.....	11
1.6 PE Torba Üretim ve Sevk Aşamaları.....	27
1.7 Yalın 6 Sigma Metodu	28
1.7.1 Yalın düşünce	28
1.7.2 Yalın üretim	28
1.7.3 Tedarik zinciri	28
1.7.4 6 Sigma	29
1.7.5 Altı Sigmada kullanılan teknikler.....	31
1.7.6 Müşterinin sesi.....	32
1.7.7 Kritik kalite karakteristiklerini tanımlama	35
1.7.8 İşin sesi (VOB).....	35
1.7.9 Kök neden analizi (Root Cause Analysis)	36
1.8 Balık Kılçığı (Fishbone, Ishikawa Diagram)	37
1.8.1 FMEA	43
1.8.2 Ölçme aşaması	46
1.8.3 Kontrol	48
2. KAYNAK ÖZETLERİ	49
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	55
3.1 Materyal	55
3.2 Polipropilen Plastik Torba.....	56
3.3 Polietilen Plastik Torba.....	56
3.4 Örme Plastik Torba.....	56
3.5 Sektördeki Örnek Alınan Firmanın Özellikleri	57
3.6 Yöntem	58
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	66
4.1 PE Film Hattı Film Kopmaları Kaynaklı Duruş Sürelerinin Azaltılması Vaka Analizi	66
4.2 Proje Beyanı.....	66
4.3 Finansal Analiz	68
4.4 VOC (Müşterinin Sesi, Voice of Client).....	69

4.5 CTQ Ağacı	69
4.5.1 CTQ ağacının bileşenleri	70
4.5.2 CTQ ağacı geliştirme adımları.....	71
4.6 SIPOC (Süreç Şeması)	71
4.7 Projenin Balık Kılçığı Diyagramı	72
4.8 S&S Matrisi	73
4.9 Veri Toplama.....	74
4.10 Ölçüm Planı	75
4.11 İyileştirme Öncesi Kopma Frekansları Takibi	81
4.12 Telef Takibi.....	82
4.13 TEE (Toplam Ekipman Etkinliği)	84
4.14 Burgu Rezistans Sıcaklık Değerleri.....	86
4.15 Kafa Rezistans Sıcaklık Değerleri	87
4.16 Rezistans Sıcaklık Değerleri-One Way Anova Tablosu	89
4.16.1 İyileştirme öncesi rezistans sıcaklık değerleri	89
4.16.2 D1-D2 iyileştirme önce-sonra sıcaklık değerleri.....	90
4.16.3 Varyans testi – D1-D2	91
4.16.4 Rezistans sıcaklık değerleri – One Way Anova tablosu	92
4.16.5 İyileştirme sonrası rezistans sıcaklıkları.....	93
4.16.6 Kopma frekansı – önce/sonra.....	96
4.16.7 Kopmalar arası miktar – önce/sonra.....	98
4.17 Kontrol Planı	100
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	101
5.1 Öneriler	104
KAYNAKLAR.....	105
ÖZGEÇMİŞ.....	108

SİMGELER DİZİNİ

σ	Sigma
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece
μ	Aritmetik Ortalama
mt	Metre Tül
N	Örnek Büyüklüğü
Σ	Toplam

Kısaltmalar

ABS	Akrilonitril Bütadien Stiren
CTQ	Critical to Quality- Kalite Kritikleri
DFMEA	Design Failure Mode Effect Analysis- Tasarım Hata Modu Etkileri Analizi
DMAIC	Define, Measurement, Analyze, Improvement, Control-Tanımla, Ölç, Analiz Yap, Geliştir, Kontrol Et
EP	Epoxide
EPS	Genişletilmiş Polistiren
FMEA	Failure Mode Effect Analysis- Hata Modu Etkileri Analizi
GSMH	Gayrisafi Milli Hasıla
PC	Polikarbonat
PE	Polietilen
PET	Polietilen Tereftalat
PF	Phenol-Formaldehyde
PFMEA	Process Failure Mode Effect Analysis-Proses Hata Modu Etki Analizi
PMMA	Polimetilmetakrilat
PP	Polipropilen
PS	Polistiren
PTFE	Politetrafloroetilen
PUR	Poliüretan
PVC	Polivinilklorür
RFID	Radyo Frekans Tanımlama
RPN	Risk Priority Number-Risk Öncelik Numarası
S&S Matrisi	Sebeup Sonuç Matrisi
SIPOC	Supplier Input Process Output Customer-Tedarikçi, Girdi, Proses, Çıktı, Müşteri
TEE	Toplam Ekipman Etkinliği
UP	Doymamış Poliyester Reçineleri
VOB	Voice of Business -İşin Sesi
VOC	Voice of Customer- Müşterinin Sesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Plastik tipleri	7
Şekil 1.2 Alt sektörler bakımından plastik ürün üretimi – 1000 Ton (2022/9 Ay)	9
Şekil 1.3 Plastik işleme makineleri üretiminin dağılımı	10
Şekil 1.4 Dozlama ünitesi	12
Şekil 1.5 İplik hattı.....	13
Şekil 1.6 Çekim ve gerdirme ünitesi	14
Şekil 1.7 İplik makineleri.....	14
Şekil 1.8 İplik makaraları.....	15
Şekil 1.9 Dokuma üniteleri	15
Şekil 1.10 Çözü ve atkı teypleri	16
Şekil 1.11 Fleskografik baskı makinesi resmi.....	16
Şekil 1.12 Çekim silindiri ve sıcak kesim.....	17
Şekil 1.13 Kesme dikiş hatları	17
Şekil 1.14 PE film üretimi.....	18
Şekil 1.15 PE film çekim ünitesi hattı.....	19
Şekil 1.16 Torba Üretim hattı resmi	19
Şekil 1.17 Torba üretim resmi	20
Şekil 1.18 Granülatör makinası.....	20
Şekil 1.19 Final torba gösterimi	21
Şekil 1.20 PP+PE (Final) torba	21
Şekil 1.21 İplik hattı.....	22
Şekil 1.22 Sarım ünitesi	22
Şekil 1.23 Dokuma ünitesi	23
Şekil 1.24 Baskı ünitesi.....	23

Şekil 1.25 Kesme dikiş ünitesi	24
Şekil 1.26 PE film ünitesi	24
Şekil 1.27 PE torba ünitesi	25
Şekil 1.28 Torbalama örneği	25
Şekil 1.29 Dolum	26
Şekil 1.30 Dikiş	26
Şekil 1.31 PE torba üretimi ve sevki aşamaları	27
Şekil 1.32 Örnek PP torba fotoğrafları	27
Şekil 1.33 Bir Ürünün tedarik yönetimi zinciri	29
Şekil 1.34 Sigma metodunun kuralları	31
Şekil 1.35 6 Sigma Proses yaklaşımı	32
Şekil 1.36 Örnek balık kılçığı diyagramı	40
Şekil 1.37 Ölçüm değişkenliğinin kaynakları	40
Şekil 1.38 Sebep- Sonuç matrisi örneği	42
Şekil 1.39 Örnek neden-neden analizi	42
Şekil 1.40 FMEA adımları	45
Şekil 1.41 Sigma araçlarının bazıları	47
Şekil 1.42 Örnek hipotez testi	47
Şekil 3.1 Polipropilen malzeme	55
Şekil 3.2 Polietilen malzeme	56
Şekil 3.3 Dokuma plastik gübre torbaları	57
Şekil 3.4 6 sigma proje akış şeması	62
Şekil 3.5 Minitab programında Histogram örneği	64
Şekil 3.6 Minitab programında Boxplot ekranı	64
Şekil 3.7 Pareto diyagramı örneği	65
Şekil 4.1 Aylar bazında kopma frekansı değişimi	67

Şekil 4.2 Aylar bazında kopmalar arası miktarın değişimi.....	67
Şekil 4.3 CTQ ağacı	71
Şekil 4.4 Ürün yaşamı.....	77
Şekil 4.5 Projenin balık kılçığı diyagramı.....	73
Şekil 4.6 Ölçülen rezistans sıcaklıkları	76
Şekil 4.7 Aylara göre kopmalar arası miktarları (mt).....	82
Şekil 4.8 Aylara göre kullanılabilirlik oranları	85
Şekil 4.9 Z1, Z2, Z3 ve Z4 rezistansları sıcaklık değerlerinin üst ve alt limitler arasındaki dağılımı.....	87
Şekil 4.10 D1, D2, D3 kafa rezistans sıcaklıklarının alt ve üst limitler arasındaki dağılımı	88
Şekil 4.11 D1, D2, D3 kafa rezistans sıcaklıklarının box plot dağılımı.....	88
Şekil 4.12 Interval Plot Analizi	89
Şekil 4.13 D1-D2 iyileştirme önce-sonra alt ve üst limitler arasındaki dağılımı.....	91
Şekil 4.14 D1-D2 iyileştirme önce-sonra P değerleri ve alt ve üst limitler arasında dağılım	92
Şekil 4.15 Z1, Z2, Z3, Z4 ve D1, D2, D3 rezistans sıcaklıklarının Interval Plot dağılımı	93
Şekil 4.16 İyileştirme öncesi ve sonrası ısı kaynaklı kopma frekanslarının hatlara göre Pareto Chart dağılımı	94
Şekil 4.17 Aylara göre kopma durumlarının I chart dağılımları	95
Şekil 4.18 Aylar bazında kopma frekanslarının I chart dağılımı.....	96
Şekil 4.19 Kopma frekanslarının Interval Plot dağılımları	97
Şekil 4.20 Kopma durumlarının I Chart ve Interval Plot dağılımları	99

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Termoplastik ve Termoset örnekleri.....	6
Çizelge 1.2 Plastik ambalaj kullanım alanları.....	8
Çizelge 4.1 6 sigma proje aşamaları	62
Çizelge 4.1 Projenin çerçevesi	66
Çizelge 4.2 Proje hedefi ve kazanç tablosu.....	68
Çizelge 4.3 PE film kopma nedenleri	69
Çizelge 4.4 Neden sonuç matrisi ve önceliklendirme.....	74
Çizelge 4.5 Girdi ve çıktıların ölçüm kaydı	74
Çizelge 4.6 Vardiya başına ölçüm planı	75
Çizelge 4.7 PE film hattı veri takip formları.....	77
Çizelge 4.8 İyileştirme öncesi kopma frekansları takip tablosu	81
Çizelge 4.9 Telef olan ürünlerin takip tablosu	83
Çizelge 4.10 Kümülatif üretim ve telef miktarı tablosu.....	83
Çizelge 4.11 Kaliteli üretim değerlerine göre TEE takibi tablosu	85
Çizelge 4.12 Kopma duruşu ve frekansa göre TEE takibi tablosu	86
Çizelge 4.13 İyileştirme öncesi rezistans sıcaklık değerleri	89
Çizelge 4.14 İyileştirme aksiyon ve sorumluları tablosu	90
Çizelge 4.15 Analizler sonucu iş kontrol planı	100

1. GİRİŞ

Günümüzün giderek daha rekabetçi hale gelen piyasasındaki koşullar altında, işletmeler için tek bir çözüm vardır; hayatta kalmak için müşterilerini dinlemek, diğer bir deyişle, gerçek ve güncel ihtiyaçlarını anlamak ve kaliteli ürünler üretmek için optimum maliyet ile üretim yapmak veya hizmet sağlamaktır. Bu doğrultuda şirketler, kriterleri ve ilgili standartları, müşteri ihtiyaçlarını karşılayan, belirtilen termin tarihinde, uygun kalitede, uygun maliyetle ürün veya hizmet sağlamaya çalışmaktadırlar. Her ne kadar temel noktada çok basit görünse de, en önemli sorunlardan biri özellikle büyük işletmelerin gözden kaçırdığı kritik parametre, müşterilerinin hizmetten veya aldıkları üründen memnuniyet düzeyi ve ihtiyaçlarının tam olarak karşılanıp karşılanmamasıdır. Bu sayede, şirketler daha önce hiç görmedikleri bir özelliği fark edebilmekte ya da eksik noktalarını düzeltebilmekte, ürün geliştirmesini aktif olarak yapabilmektedirler.

Daha çok ürünü daha az veri kullanarak, sıfır hataya en yakın oranda tek defada imal edebilmek; firmalar açısından daha çok kazanç, yeni jenerasyon için de faydalanabilecek daha çok kaynak anlamına gelmektedir. Prosesleri iyileştirmenin birçok yöntemi bulunmaktadır. Piyasadaki benzer ürün özelliklerini ve fiyatını karşılaştırarak güçlü bir yöntem olan Benchmark metodu firmalar tarafından aktif olarak kullanılan bir metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Buna ek olarak, kalite sistem gerekliliklerine birebir uyum, ERP-SAP sistem modüllerini firma içinde tüm personelin ve süreçlerin entegrasyonu ile aktif kullanımı, yalın altı sigma metodu yani hurda azaltımına yönelik çalışmalar, üretimde izlenebilirlik (örnek barkod sistemi ile), sürdürülebilirlik, müşteri memnuniyetinin ön planda tutulması, tertipli düzenli çalışma ortamlarını hayata geçirme (5S) ve kontrolleri gibi yöntemler de bulunmaktadır. Fakat, diğer çarpıcı yollarından biri olan altı sigma yaklaşımı bu yöntemlerin hepsini bütünleştirip kapsamaktadır. Altı Sigma, müşteri ihtiyaçları ve taleplerini hizmet ve üretim hatalarını minimuma indirmeyi amaçlayan bir metodolojidir. Ürün ve hizmetleri geliştirmek için kullanılacak olan Altı Sigma metotları firmalar için maliyet tasarrufu kazanmayı ve rekabet açısından üstünlük elde etmek anlamına gelmektedir (Arthur, 2004). Sınırlı kaynaklarla en üst seviyede müşterinin ihtiyaçlarını sağlamak ve memnuniyeti arttırmak adına günümüzde Altı Sigma yaklaşımından faydalanılmaktadır (Adams vd. 2003).

Yalın Altı Sigma, hem kalite iyileştirme hem de mali fayda elde ederek standardı yakalamayı amaçlayan, diğer yünden gereksiz harcamaları ve masrafları minimuma getirerek verimi arttırmayı hedefleyen ve müşteri memnuniyetini azami seviyeye çıkarmaya odaklanan bir yaklaşımdır (George, 2002).

Altı Sigma yaklaşımı önümüzdeki süreçte kritik kalite ve proses geliştirme girişimlerinden biri haline gelmiştir. Motorola ve Genel Electric Altı Sigma başarısının en çok tanınan örneğini karşımıza çıkarmaktadır. Motorola ilk 3 yılda 940 Milyon dolardan fazla mali kar sağlamıştır (Hann vd. 1999).

Dünyada da pek çok firma tarafından uygulanan ve etkin olduğu kabul edilmiş Altı Sigma yaklaşımının hedefi, bir firmanın ürün veya hizmetlerindeki kusur oranını olabildiğince en alt seviyeye indirebilmek ve sürdürülebilirliği sağlamaktır. Altı Sigma, müşteri odaklı bir metotlar bütünüdür ve müşterinin öncelikli ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak sorununun çözümü için en etkili parametre olarak seçmekte ve analizleri bu kabullere göre oluşturulmaktadır. İyileştirme adımları ve yaklaşımı yardımıyla firma içerisinde mevcut proseslerin ve iş akışının yeniden değerlendirilmesini ve sorgulanmasını yaparak köklü bir revizyon gerçekleştirmektedir.

Altı Sigma, organizasyondaki hataları devamlı olarak azaltarak firmanın ürünlerini, hizmetlerini ve prosesleri iyileştirmede yararlanılan proje bazlı bir süreç yönetimi anlayışıdır. İş sistemleri, müşteri ihtiyaçlarının tespit edilmesi, verimlilik ve mali performansın iyileştirilmesi üstüne odaklanan metotlar bütünüdür. Altı Sigma'nın çok güçlü bir özelliği, bu performansı sağlayacak bir altyapının oluşturulmasıdır. İyileştirme faaliyetleri gerekli kaynaklara sahiptir. Tüm toplam kalite yönetimi uygulamalarının yüzde seksenin geçmişte başarısız olmasının tek nedeni, firmaların bu altyapıyı sağlayamamasıdır. Altı Sigma, örgüt yönetiminde örgüt performansı oluşturacak alt yapının oluşumunu sağlamakta, iyileştirme ve geliştirme faaliyetlerini ortaya koymaktadır. Tam zamanlı değişim, örgütte toplam kalite yönetimi uygulamalarının iyileştirilmesinde katalizör etkisi yaratmaktadır (Baş, 2003).

Altı sigma yaklaşımının rasyonel tanımı ve odak noktası süreçteki değişkenlikleri azaltmak üzerinedir. Temel yaklaşım tüketiciye hatası olan ürünlerin gitmemesini sağlamaktır. Başka bir deyişle, müşterilere mükemmel derecesine yakın ürünler sevk etmeye destek olan yüksek disiplinli bir süreç akışıdır. Altı Sigma tekniğinin altında yatan temel düşünce şöyle açıklanabilir: Süreçte ne kadar ve nerede hatanın ortaya çıktığı ölçülüp takip edilebilirse, sistematik şekilde bu hatalardan kurtulma yoluna gidilebilmekte ve sıfır hataya yakınlaşılabilmektedir.

Uygulamada altı sigma perspektifinin bir işletmedeki başarısı, üst yönetimin desteği ve tüm personelin değişime inanması, çaba göstermesi ile direkt olarak ilişkilidir. Tüm ekibin beyin fırtınası yaparak çözümler üretebilmesi, gerekli iyileştirmelerin yapılması, yaygınlaşması ve sürdürülebilir olması büyük önem taşımaktadır. Değişim fikri genellikle insanları korkutarak direnç göstermelerine sebep olmaktadır. Bununla beraber, ekipteki bir çalışanın dahi bu yaklaşıma ve değişime inanmadığı durumda tüm sistemi olumsuz etkilemektedir. Ek olarak, altı sigma yaklaşımını uygulamanın maliyeti çok fazla değildir, şirketin ekonomik yapısına uygun projeler ve müşteri talepleri ile aynı doğrultuda mantıklı seçimlerle önceliklendirme yapılması gerekmektedir.

Tarımsal amaçlı gübrenin ve zirai ilaçların taşınmasında sıkça kullanılan plastik torbalar sektörel bazda incelendiğinde, plastik film kopmalarından kaynaklı olarak çok fazla maddi, zaman kayıpları ve müşteriye hatalı ürün teslimatları gibi büyük problemler ile karşılaşıldığı gözlemlenmektedir. Bu tez çalışmasında, altı sigma ve plastik torba üretim metodolojisi detaylı incelenerek, üretimde kronik bir problem olan plastik torbalardaki PE film kopma nedenleri araştırılmış, üretim hatlarında gerekli ölçümler ve analizler yapılarak proste ve üretim makinelerinde iyileştirmeler yapılmış, üretimdeki hurda miktarları minimuma indirilmeye çalışılmıştır.

Ayrıca bu araştırmada, altı sigma metotları çerçevesinde işletmelerin problemleri nasıl çözebilecekleri araştırılmış, bu metodolojinin aşamaları olan tanımlama, yani problemi tespit etme, ölçme, analiz etme, geliştirme, validasyon (doğrulama) ve kontrol kavramları değerlendirilmiştir. Tanımlama adımı amaç, hedeflerin iyi tespit edilmesi ve bu çizgide netlik kazandırılmasıdır. Problemin fazla olması ve süreçlerin akış haritasını

yapmak ve değerlendirebilmek adına istatistiki metot ve yaklaşımlardan faydalanılmaktadır (George, 2002). Benzer şekilde, çalışmada plastik torba üretim hatları ve proses aşamaları detaylandırılmıştır. Örnek seçilen firmanın plastik torba üretiminde büyük kayıplara neden olan etkenler Altı sigma yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Torba üretimindeki fire (hurda) oranını ve firmanın kar marjını direk olarak etkileyen bir problem ele alınmış ve problemin kök nedenlerine inilerek Minitab programında analizler yapılmış, bunun sonucunda üretimde yapılan geliştirmelere hayata geçirilmiştir. Yapılan iyileştirmelerle birlikte, plastik torba üreticilerinin ortak kronik bir problemi olan PE film kopma hatası elimine edilmiş ve kontrol altına alınmıştır. Bu konuda sektördeki diğer işletmelere de katkılar sağlanmıştır.

Sonuç olarak, çalışmanın amacı, gübre ve zirai ilaç gibi materyalleri taşıyan plastik torbalarda PE film kopmalarını asgari düzeye indirmek, çıktılarıdaki değişkenliği azaltmak, yeniden aynı kalitede, optimum sürede stabilize edilmiş bir üretim hedefini sağlamaktır. Literatürdeki diğer çalışmalar incelendiğinde, plastik torba üretimi için altı sigma veya farklı bir metodoloji kullanılarak, proseste veya makinede geliştirmeler yapılarak problem çözümü sağlanmamıştır. Farklı sektörlerde altı sigma kullanılarak yapılan iyileştirme çalışmaları bulunmaktadır. Fakat bu tez çalışmasında, tarım sektörünün can damarını oluşturan gübrelerin plastik torbalarda güvenli taşınmasına yönelik, dokuma plastik torbalardaki polietilen film kopmalarının önüne geçerek, etkili ve verimli bir üretim sağlanması hedeflenmektedir.

Bu bölümde plastik malzemesi özellikleri ve çeşitleri, plastik torba üretimi ve kullanılan makine hatları/tezgahları detaylı olarak anlatılmaktadır.

1.1 Plastikler

Plastik, oldukça fazla sayıda sektörde kullanılan birçok sentetik veya yarı sentetik malzemeyi açıklar. Sanayi sektöründe de günlük hayatımızda da her yerde plastik malzeme görülmektedir. Plastikler; hayatın daha temiz, yaşanılır, pratik, güvenli ve eğlenceli yapabilmek için çokça kullanılmaktadır. Kıyafetlerden başlayarak, konutlardan araçlara kadar her yerde plastiklerden faydalanılmaktadır. Çocukların oyuncaklarında,

televizyonlarda, bilgisayarlarda plastikler bulunmaktadır. Her gün kullanılan diş fırçası ve diş macununda bile plastik malzeme bulunmaktadır.

Plastikler, benzer şekilde ahşap, kağıt veya yün gibi organik maddelerdir. Plastik imalinde yararlanılan selülöz, kömür, doğal gaz, tuz ve tabii ki ham petrol gibi ham malzemeler doğal maddelerdir. Plastikler, bugünün gereksinimleri ile doğaya ait endişeler arasındaki akışın düzgün olmasını mümkün kıldığı için günümüzün ve geleceğin seçilen materyalidir.

Plastik terimi, Yunancada döküme elverişli anlamına gelen "plastikos" ve dökme anlamındaki "plastos" kelimelerinden üretilmiştir. Materyalin üretimi esnasında şekil verilebilirliği yardımıyla dökülmesine, bastırılmasına ya da ince film, lif, tabak, tüp, şişe, torba, kutu ve bunun gibi geometrilere girebilmesine atıf yapmaktadır.

En çok kullanılan iki plastik malzeme çeşidi vardır; termoplastikler ve termosetler. Termoplastiklere ısı verilerek güncel ürünler elde edilebilir. Sonrasında bu bitmiş ürünlere yeniden ısı verildiğinde plastik yumuşayacak ve tekrar eriyik hale dönüşecektir. Erime işlemi gerçekleştikten sonra termoset plastiklere de şekil verilebilir. Ancak sıvı haldeyken bir şekle döndükten sonra katı halde olurlar ve termoplastikler gibi yeniden erime olmaz (Anonim, 2023a).

1.1.1 Plastiklerin üretimi

Plastikler, organik maddelerden mamul olurlar. Plastiklerin üretilmesinde kullanılan selüloz, kömür, doğal gaz, tuz ve ham petrol doğal maddelerdir. Ham petrolün kullanılabilmesi için çeşitli işlemlerden geçmesi gerekmektedir. Plastik malzemesinin imal edilmesi, petrol rafinerisi istasyonunda yapılan damıtma operasyonu ile başlamaktadır. Damıtma operasyonunda, ağırlığı fazla olan ham petrolün daha hafif gruba ayrışması prosesi bulunur. Her bir dağılım, moleküllerin büyüklük dereceleri ve yapısal olarak başka bir hidrokarbon zinciri karışımından oluşmaktadır.

Belirli hızlandırıcılara ihtiyaç duyulan polimerleştirme operasyonları plastiklerin imal edilmesinde faydalanılan önemli bir muameledir. Etilen ve propilen gibi monomerler, polimerleştirme reaksiyonunda birbirine bağlanarak uzun polimer zincirleri oluşturur. Esasen kullanılmakta olan monomer tipi ile bağlantılı şekilde, her polimer tipinin kendine özgü özelliği, yapısı ve boyutu bulunmaktadır.

Çok fazla çeşitte plastik tipi olduğu için, iki temel polimer seri başlığı altına toplayabiliriz:

- Termoplastikler (ısıyla karşılaştığı zaman eriyen ve soğutulduğunda yeniden sertleşen)
- Termosetler (kalıplanma yapıldıktan sonra yeniden eritemeyen)

Çizelge 1.1 Termoplastik ve Termoset örnekleri (Anonim, 2023a)

Termoplastik Örnekleri	Termoset Örnekleri
Akrilonitril bütadien stiren – ABS Polikarbonat - PC Polietilen - PE Polietilen tereftalat - PET Polivinilklorür - PVC Polimetilmetakrilat - PMMA Polipropilen - PP Polistiren - PS Genişletilmiş Polistiren - EPS	Epoxide (EP) Phenol-formaldehyde (PF) Poliüretan (PUR) Politetrafloroetilen - PTFE Doymamış poliyester reçineleri (UP)

Plastik Çeşitleri



Şekil 1.1 Plastik tipleri (Anonim, 2023a)

Plastikler, kullanım ömrünü bitirse bile çöpe atılamayacak kadar değerlidirler. Yurt dışında plastik geriye dönüşüm ve geriye yeniden kazandırma seçeneklerinden faydalanılması ve verimlilikle birlikte bugünün en iyi uygulamalarının ve teknolojilerinin kullanılması durumunda: (Anonim, 2023a).

- Fransa ülkesinin yıl bazında petrol tüketiminin %25'ine eşit doğal kaynakların tasarrufu yapılabilir.
- Yılda 9 milyon ton daha az CO₂ emisyonu gerçekleştirilebilir ve doğanın koruma altına alınmasına büyük bir katkı yapılabilir.

Bu iyileştirmelerin hayata geçmesi için, plastik malzemelerin atık olarak toprağa yerleştirilmesinin önlenmesi, bertaraf yöntemi ve geriye yeniden kazanımı odaklı toplama programının oluşturulması ışığında girişimde bulunmak gerekmektedir. Böyle projelerin, geri dönüştürülerek iyileştirilmesi, böylece bu kıymetli kaynaktan tam kapasite faydalanılması iyi olacaktır. Ayrıca standartların üzerinde kaliteyi ve pazarda doğrudan seçilmeyi hedefleyen bu yönelim, tüm Türkiye piyasasını harekete geçirerek kullanım

ömrünü tamamlamış plastik maddelerin bir girdi olarak çokça etkin kullanılmasına yol açacaktır.

1.2 Ambalaj Olarak Plastik

Plastiğin bir ambalaj ürünü olarak yakaladığı ticari başarı esneklik (filmden sert uygulamalara kadar), dayanıklılık, hafiflik, kararlılık, geçirmezlik ve kolay sterilizasyon özelliklerini bir arada olmasının sonucudur. Bu özellikleri ile, plastikler her türlü ticari ve endüstriyel kullanıcı için ideal bir ambalaj malzemesidir.

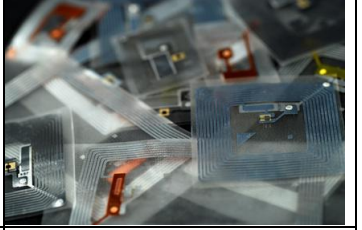
Örnek olarak, plastik gıda ambalajları, gıda ürününün tat ve kalite standardını etkilememektedir. Esas olarak, plastik maddelerin engelleyici özellikleri gıdanın doğal lezzetini korumasını sağlarken onu dışarıdan gelecek kire ve toza karşı da korumaktadır. Buna ek olarak, plastik malzemesinin çok yönlülüğü taze et kaplama filmleri, içecek şişeleri, yemeklik yağ ile soslar, yoğurt ve tereyağı kapları gibi sayısız uygulamada ortaya çıkmaktadır.

Plastik ambalaj kullanmanın faydaları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 1.2 Plastik ambalaj kullanım alanları (Anonim, 2023b)

En hafif ambalaj: Avrupa'da bulunan paketli gıdaların ve diğer malların %50'den fazlası plastik maddeyle paketlenmektedirler ve bu plastikler ambalaj ağırlığının sadece %17'sini oluşturmaktadır. Buna ek olarak, bu ağırlık geçen 10 yılda %28 oranında eksiltilmiştir. Ağırlığı az ambalaj, navlunun eksilmesi veya aynı sayıda ürün için daha az kamyon kullanılması anlamına da gelmektedir. Nakliye operasyonunda tüketilen enerjinin, emisyonların ve giderlerin düşmesine yardımcı olur. Buna ek olarak, atık sayısının indirilmesine de fayda sağlar.	
Gıda saklama ve koruma: Plastik ambalajlar, çabuk bozulur gıda maddelerine uzun zaman koruma görevi görür. Gıdaların tadını ve değerini korur.	

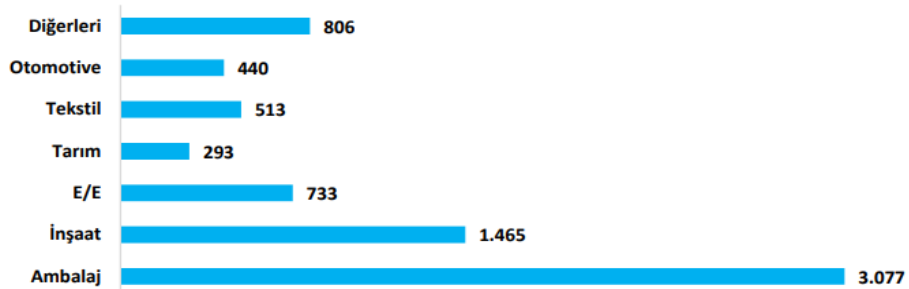
Çizelge 1.2 Plastik ambalaj kullanım alanları (devam)

Pratik ve yenilikçi: Modern dünyada insanlar, etiket bilgisi ve kullanma talimatı kolay anlaşılır, açılması ve kullanılması basit paketler talep ediyor. Plastik paketin hedefi de tam da bu. Örnek olarak, ileriki dönemde iletken polimerler sayesinde yazdırılabilir RFID (Radyo frekans tanımlama) çipleri entegre edilerek ürünün kalitesi ile ilişkili kıymetli bilgi sağlanması öngörülmektedir.	
Güvenli ve hijyenik: Plastikten oluşan paketler gıdaları ve ilaç gibi maddeleri kire karşı korur ve üretme, dağıtma ve gösterme sırasında virüslerin çoğalmasını ve bulaşmasını engeller. Çocuk kilidi kapamalar ilave emniyet sağlar, içeriğini gösteren özelliğinin faydasıyla, kullanıcılar besin maddelerini dokunarak değil görerek tercih edebilirler. Bu sayede, hijyen korunmuş, üründe hasar ve çeşitli virüs bulaşmalarını engellenmiş olur.	

1.3 Türkiye’de Plastik Sektörü

Plastik sektörü, Türkiye ekonomisi göz önüne alındığında, en kritik oyuncularından biridir. Bugün 10 milyon tonları bulan toplamdaki üretim, yaklaşık 33 milyar dolar cirosu, 5 milyar dolara yakın doğrudan ihracat, bununla birlikte son 10 senede GSMH artışını aşmış olan yıllık büyüme ile plastik piyasasının Türkiye ekonomik durumuna katkısı gitgide yükselmektedir. Bu durumda, ulaştığı üretimdeki kapasite ile, Avrupa sektöründe ikinci, dünyada altıncı pozisyonundadır (Anonim, 2023a)

2022 yılında Ocak - Eylül arasında 7,3 milyon tonluk toplam plastik ürün üretiminde hemen hemen 3,07 milyon ton değeri baz alındığında, plastik ambalaj malzemeleri ön sıralarda yer almaktadır. Plastik inşaat maddeleri üretiminde de 1,47 milyon ton değeri baz alındığında, plastik ambalaj materyallerini izlediği açıkça anlaşılmaktadır.

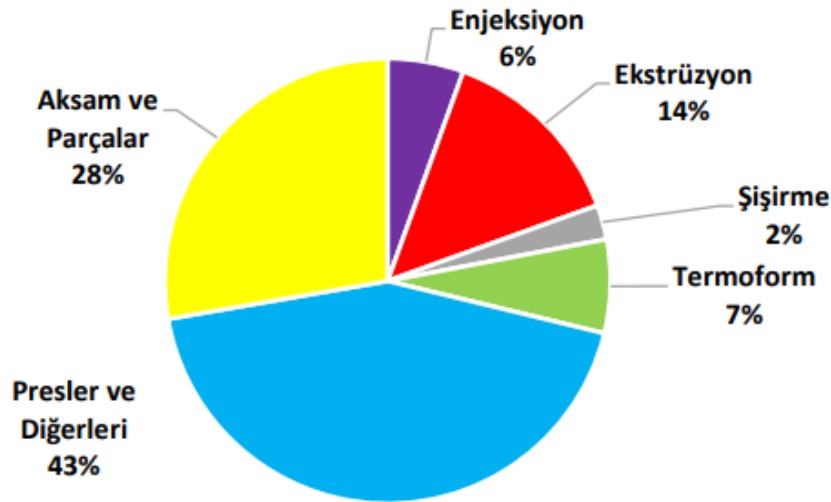


Şekil 1.2 Alt sektörler bakımından plastik ürün üretimi – 1000 Ton (2022/9 Ay)

1.3.1 Türkiye’de plastik işleme makinelerinin güncel durumu

Plastik piyasası 2014 – 2019 arasındaki yılları kapsayacak şekilde geçtiğimiz 6 senede, senelik bazda ortalaması alındığında, 840 milyon dolar makine ve teçhizat yatırımı yapmıştır. Bu toplam yatırımda %40 pres ve diğer makineler %21’i enjeksiyon, %18’i ekstrüzyon, %5’i termoform, %2’si şişirme ve %14’ü de aksesuarlar ve parçalar kapsamaktadır. (Anonim, 2023a)

Güncel bilgilere göre, toplamda plastik malzemeyi şekillendirme makinaları üretim içerisinde, enjeksiyon makinaları %6, ekstrüzyon makinaları %14, şişirme makinaları %2, termoform makineleri %7, presler ve diğer makinalar %43, aksesuarlar ile parçalar ise %28 hisse almaktadır (Anonim, 2023a).



Şekil 1.3 Plastik işleme makinaları üretiminin dağılımı

1.4 Plastik Torba Üretimi

Tarımsal amaçlı malzemelerin taşınmasında çoğunlukla tercih edilen plastik ambalajdaki ticari başarı; ürün, esneklik ve dayanıklılık kombinasyonunun bir sonucudur. Örnek olarak, (filmden sert uygulamalara kadar), dayanıklılık, ağırlık, stabilite, sızdırmazlık ve kolay sterilizasyon. Bu özellikler, plastikleri ideal bir ambalaj haline getirir her türlü ticari ve endüstriyel olarak kullanıma uygun bir malzemedir. Bu çalışmada, bir dokuma plastik

torba ürünü ve plastik (polipropilen ve polietilen) malzemeler kullanılmıştır. Bu bölümde plastik materyali; bu malzemenin üretimi, çeşitleri, kullanım alanları, sektörel olarak çeşitli ülkelerdeki kullanım oranları detaylı olarak açıklanmaktadır.

Plastik torbalar çok farklı sektörlerde kullanımı olan bir ambalaj olsa da, bu çalışmada gübre, tarım ilaçları gibi tarım sektöründe çokça kullanılan örme plastik torba üzerine yoğunlaşmaktadır.

Öncelikle, gübrenin ne olduğunu açıklayacak olursak;

Hayattaki bütün canlı varlıklara benzer şekilde bitkilerin de büyümeleri, gelişmeleri ve diğer canlı varlıkların ihtiyacı olan maddeleri sağlayabilmeleri için büyüme ortamı olarak bilinen toprak ve atmosferden önemli materyalleri karşılamak durumundadırlar.

Zaman geçtikçe azalan veya bünyesinde ihtiyacı olan bitkinin ihtiyacı olan maddeleri tam olarak barındırmayan toprakta, bitkinin gelişmesinde gerekli olan bu maddeler tam olarak verilemediğinden, noksan olan ilgili maddeler gübrelemeyle toprağa kazandırılmaktadır. Standart gübreler, çoğunlukla tarla, bahçe bitkileri ve meyve üretimi göz önüne alındığında, ürünün ihtiyacı olan bitki besin maddelerini toprağa ulaştırarak büyük verim ve iyi kalite olacak şekilde ürün almaya yönelik olarak çeşitlendirilmektedir.

Gübreler içindeki azot oranlarına göre çok fazla çeşittir, dokuma (örme) plastik torbalar ile paketlenmekte ve taşınmaktadırlar. Dolayısıyla, bu plastik torbaların da çok fazla çeşidi bulunmaktadır. Bunlar, torba boyutlarına, kapanma şekillerine ve delikli/deliksiz olarak farklılık göstermektedirler.

1.5 Plastik Torba Üretimi Akışı ve Hatlar

6 sigma yaklaşımını kullanarak plastik torbalardaki PE film kopma sorununu minimuma indirmek için yürüttüğüm projeyi gerçekleştirdiğim torba fabrikasında aşağıdaki makineler ile üretimler yapılmaktadır:

- 1 adet İplik Üretim Hattı,
- 30 adet Yuvarlak Dokuma Tezgahı,
- 1 adet Fleksografik Baskı Makinası,
- 3 adet Kesme-Dikiş Makinası,
- 3 adet PE Film Hattı,
- 1 adet PE Torba Hattı,
- Ayrıca, Prosesten kaynaklanan telefin geri-dönüşümü;
- 1 adet Granülatör Makinası ile yapılmaktadır.

Bu hatlar aşağıda teker teker açıklanmaktadır.

İplik Hattı:Polipropilen (PP) hammadde ve katkı maddeleri (Kalsiyum Karbonat ve PP granül) kullanılarak teyp üretimi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 1.4 Dozlama ünitesi

Şekil 1.4'te görülen dozlama ünitesi, burgu, kafa, su havuzu, çekim ünitesi, sıcak hava fırını, gerdirme ünitesi ve teyp sarım ünitesi olmak üzere 8 bölümden oluşmaktadır.

Azami hız: 405 m/dk ; Azami eriyik üretim kapasitesi: 550 kg/h'dir.

- PP hammadde ve Kalsiyum Karbonat, PP granül gibi katkıları dozlama ünitesinde istenilen oranda karıştırılarak siloya otomatik olarak gönderilmektedir.

- Hammadde karışımı burgu bölümüne silo aracılığı ile beslenir. Burguda bulunan ısıtıcılar ile karışım 270°C'ye ısıtılarak eriyik hale getirilir ve 150-170 bar(g) basınçla Kafa bölümüne gönderilmektedir (Anonim, 2023b).



Şekil 1.5 İplik hattı

- Eriyik, kafanın iki dudağı vasıtası ile buradan film tabakası olarak çıkmakta ve hemen akabinde su havuzuna ulaşmaktadır. 37°C'deki su havuzunda film soğutulmaktadır. Su havuzundan çıkan film Çekim Ünitesine ulaşmaktadır.
- Çekim ünitesindeki silindir vasıtasıyla çekilmekte ve gerdirilmekte olan film, jilet takozu kullanılarak eşit aralıklara bölünmekte ve buradan teyp olarak Sıcak Hava Fırınına ulaşmaktadır.



Şekil 1.6 Çekim ve gerdirme ünitesi

- Teypler sıcak hava fırınında 160°C'deki hava ile ısıtılırken eş zamanlı olarak Gerdirme ünitesi vasıtası ile gerdirilmektedir.
- Sıcak hava fırınından çıkan teypler, önce 110°C sıcaklıktaki silindirler ve hemen sonrasındaki 15°C sıcaklıktaki soğuk silindirler yardımıyla nihai formuna kavuşmaktadır.



Şekil 1.7 İplik makineleri

- Nihai teypler, Teyp Sarım Ünitesinde bobinlere sardırılarak Dokuma Ünitesine gönderilmektedir.

İplik Hattında, 240 adet teyp sarım makinası bulunmaktadır.



Şekil 1.8 İplik makaraları

Teyp Sarım Makinesi, Kapasite: 10.293 kg / gün

Dokuma Ünitesi: Üniteye teyplerden yuvarlak kumaşı üretilmektedir. Tesisimizde 30 adet yuvarlak dokuma tezgahı (6 mekikli) bulunmaktadır.



Şekil 1.9 Dokuma üniteleri

İplik hattında üretilen teypler dokuma makinesine atkı ve çözgü olarak yerleştirilmektedir. Bobin tutucu tezgahlara yerleştirilen teyp bobinleri çözgü bobini, makinanın içerisindeki mekiklere yerleştirilen teyp bobinleri ise atkı bobini olarak adlandırılmaktadır.

Çözgü teypleri volant vasıtası ile yuvarlak volant üzerinde yukarı-aşağı hareketi yapar ve bu açılım-kapanım süresince mekikler atkı teyplerini dokurlar. Dokunan kumaş çekim silindiri yardımıyla gerdirilmekte ve taşıyıcı silindirler vasıtası ile sarım kısmına ulaştırılmakta ve burada borulara sardırılmaktadır.



Şekil 1.10 Çözüğü ve atkı teypleri

Fleksografik Baskı Makinası: Baskı makinesi, çözüm ünitesi, baskı merdaneleri, taşıyıcı silindirler ve sarım ünitesinden oluşmaktadır. Çözüm ünitesine yüklenen kumaş rulosu üzerine klişeler vasıtasıyla baskı yapılmakta ve eş-zamanlı olarak sarım ünitesinde baskılı kumaş olarak rulo halinde sardırılmaktadır (Anonim, 2024b).



Şekil 1.11 Fleskografik baskı makinesi resmi

Ön yüze 5 renk ve arka yüzüne 1 renk olmak üzere 6 renk (5+1) baskı yapılmaktadır. İstenildiğinde ön ve arka yüzüne renk uygulamaları değiştirilebilir, örnek (6+0), (4+2), (3+3). Kapasite: 165.725 mtül / gün

Kesme Dikiş Hattı: Baskılı kumaş ruloları torbaya çevrilmek üzere Kesme-Dikiş makinasına rulo arabaları vasıtasıyla taşınmaktadır. Makine; çözüm, sıcak kesim, taban katlama, dikiş ve istifleme kısımlarından oluşmaktadır. Çekim silindiri vasıtasıyla baskılı kumaş otomatik olarak sıcak kesime beslenmektedir.



Şekil 1.12 Çekim silindiri ve sıcak kesim

Önceden programlanabilen kumaş boyuna göre kesilen baskılı kumaşlar taşıyıcı kancalar vasıtasıyla katlama kısmına ulaşmaktadır. Taban kısmı katlanmış formdaki kumaş, taşıyıcı kancalar ile eşzamanlı çalışan dikiş makinesi vasıtasıyla dikilmekte ve torba formu elde edilerek istif kısmında biriktirilmektedir. Torbalar operatör yardımıyla torba iç-geçirme ünitesine gönderilmek üzere balyalanmaktadır.



Şekil 1.13 Kesme dikiş hatları

Kapasitesi 120.000 torba / gün şeklindedir.

PE Film Hattı: Hat; hammadde tankı, burgu, yuvarlak kafa, çekim ünitesi ve film sarım ünitesi olmak üzere 5 bölümden oluşmaktadır. Düşük yoğunluklu Polietilen (LDPE) hammadde ve katkıları (Kalsiyum karbonat, PE granül) hammadde tankında karıştırılmakta ve burguya beslenmektedir. Burgudaki ısıtıcılar yardımıyla hammadde 170°C'ye ısıtılarak eriyik hale gelmekte ve basınçla yuvarlak kafaya gönderilmektedir. Eriyik, yuvarlak kafanın iki dudağı vasıtasıyla yuvarlak film olarak çıkmakta ve silindirler vasıtasıyla çekim ünitesine ulaştırılmaktadır (Anonim, 2024b).



Şekil 1.14 PE film üretimi

Sonrasında, çekim ünitesinde sıkıştırıcı silindirler vasıtasıyla balon şeklindeki film iki kat düz film haline getirilmektedir.

Film taşıyıcı silindirler vasıtasıyla sarım ünitesine ulaştırılan film burada rulolara sardırılmaktadır.



Şekil 1.15 PE film çekim ünitesi hattı

Kapasite: 154.000 mtül / gün şeklindedir.

PE Torba Üretim Hattı: Hattta; PE film, PE torbalara dönüştürülmektedir. Çözüm kısmı, taşıyıcı silindir grubu, soğuk kesim-sıcak kaynak, istifleme bölümlerinden oluşmaktadır.

PE film ruloları çözüm ünitesine yüklenmekte ve film taşıyıcı silindir grubu vasıtasıyla soğuk kesim-sıcak kaynak kısmına beslenmektedir. Metal bıçakla soğuk kesilmekte ve eşzamanlı olarak ısıtımli çeneler yardımıyla taban kaynağı yapılmaktadır.



Şekil 1.16 Torba Üretim hattı resmi

İstif kısmında biriktirilen PE torbalar, operatör yardımıyla iç-geçirme ünitesine gönderilmek üzere paketlenmektedir.



Şekil 1.17 Torba üretim resmi

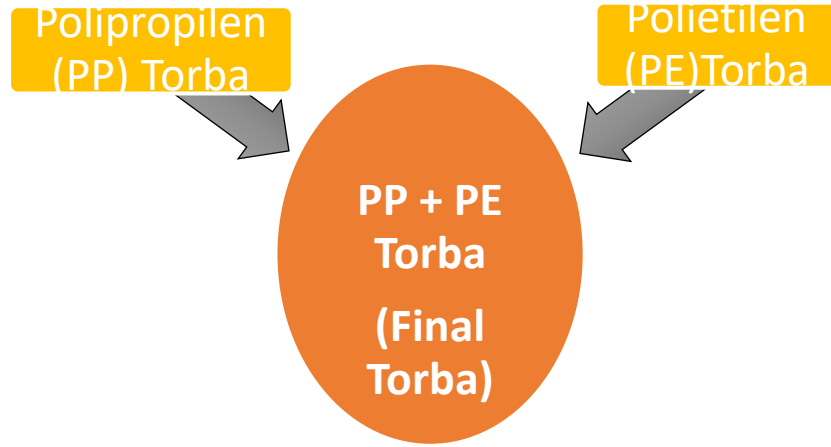
Kapasite: 227.964 adet / gün şeklindedir. Buna göre, günde 227.964 adet torba üretilmektedir.

Granülatör Makinası: Prosesten kaynaklı telef ile hammadde ambalajları geri dönüşümün yapılması amacıyla örnek tesiste 1 adet Granülatör makinası kullanılmaktadır.

PP Telef Granül Kapasitesi: 150 kg/h, LDPE Telef Granül Kapasitesi: 170 kg/h



Şekil 1.18 Granülatör makinası



Şekil 1.19 Final torba gösterimi

Polipropilen Torba



Polietilen Torba



Şekil 1.20 PP+PE (Final) torba

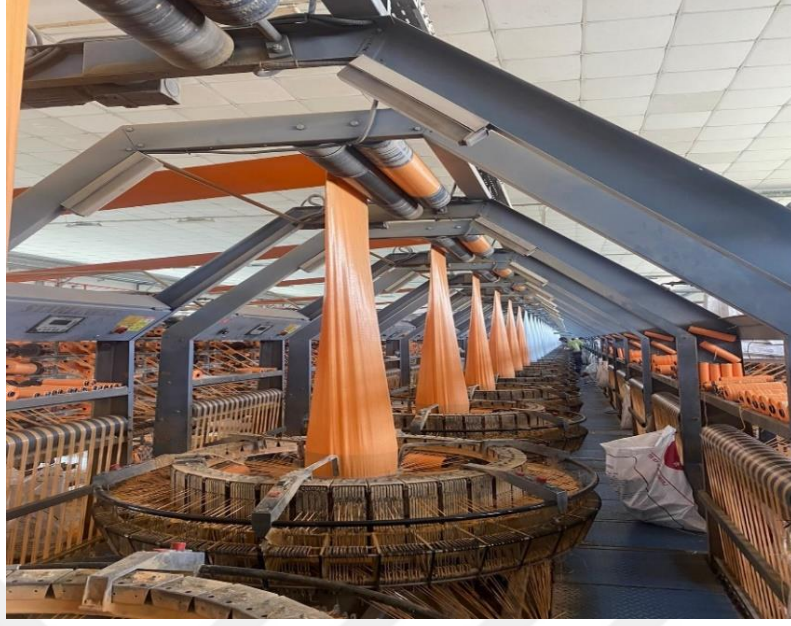
Plastik (PP) Torba Üretim Akış Adımlarından örnek resimler aşağıda verilmektedir.



Şekil 1.21 İplik hattı



Şekil 1.22 Sarım ünitesi



Şekil 1.23 Dokuma ünitesi



Şekil 1.24 Baskı ünitesi



Şekil 1.25 Kesme dikiş ünitesi



Şekil 1.26 PE film ünitesi



Şekil 1.27 PE torba ünitesi



Şekil 1.28 Torbalama örneği



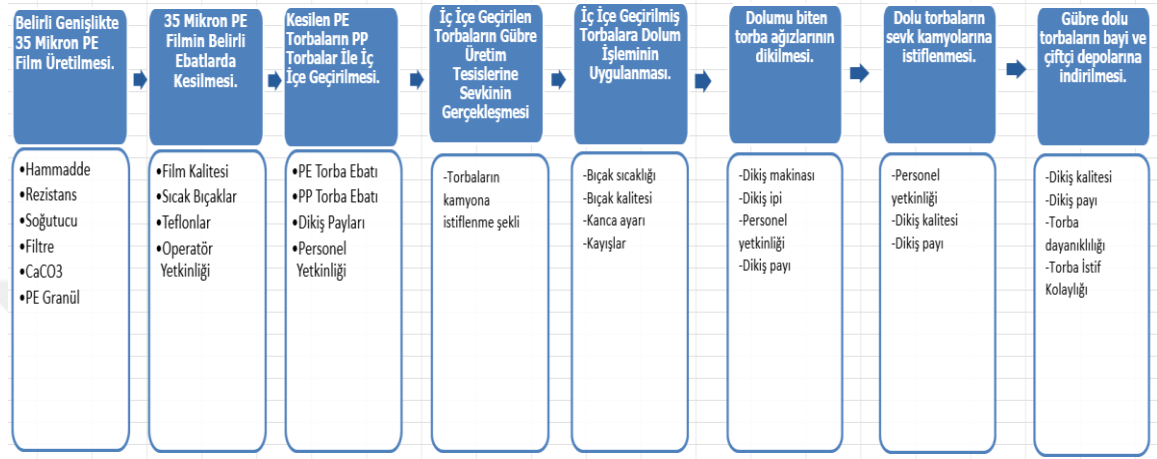
Şekil 1.29 Dolum



Şekil 1.30 Dikiş

1.6 PE Torba Üretim ve Sevk Aşamaları

PE torbaların üretim ve sevk aşamalarında Şekil 1.31’de gösterilen hususlar önem arz etmektedir.



Şekil 1.31 PE torba üretimi ve sevki aşamaları



Şekil 1.32 Örnek PP torba fotoğrafları

1.7 Yalın 6 Sigma Metodu

1.7.1 Yalın düşünce

Yalın yaklaşımın temel hedefi; alıcı için değeri olan mal ve hizmetin en az maliyet ve en kısa sürede müşteriye sunulmasıdır. Bunun için değerin, değer yaratma süreçleri boyunca sürekli olarak taşınmasının sağlanması temel noktadır.

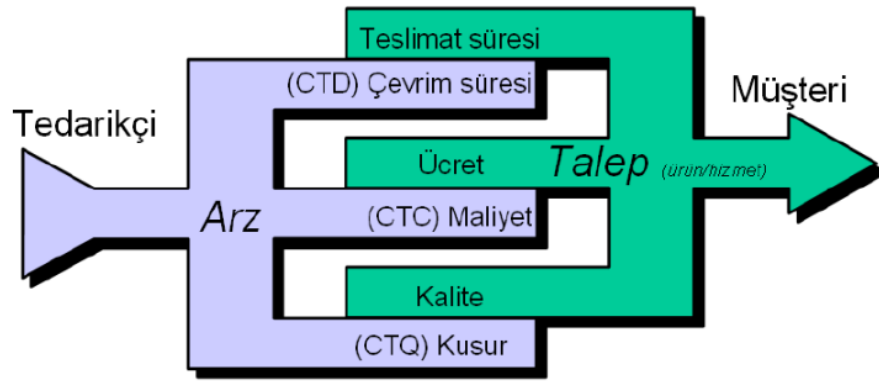
1.7.2 Yalın üretim

Yalın üretimin amacı israfı minimuma düşürmektir. Bu düşünce yalnızca sanayide üretimde değil günlük hayatta da kullanılabilen bir metottur.

İsraf, müşteri ihtiyaç ve beklentilerine yönelik katma değer sağlamayan tüm fazlalıklardır. Bir başka deyişle: zaman, hareket, kaynak, saha/alan harcayan; fakat müşteri gereksinimine kazanç sağlamayan eylemlerdir.

1.7.3 Tedarik zinciri

Aşağıdaki Şekil 1.32 bir ürünün tedarik zincirindeki adımları görülmektedir. Bu zincire göre, ürünün arzıyla başlayan bir sürecin, standartlara uygun, kaliteli, zamanında teslim, düşük maliyetli, minimum hatalı ürün çıktısı, optimum çevrim süresi sonrasında müşteriye uygun paketlenerek en hızlı ve doğru lojistik yöntemiyle zamanında teslim edilmesi gerekmektedir.



Şekil 1.33 Bir Ürünün tedarik yönetimi zinciri

1.7.4 6 Sigma

Altı Sigma yaklaşımı önümüzdeki süreçte kritik kalite ve proses geliştirme girişimlerinden biri haline gelmiştir. Motorola ve General Electric Altı Sigma başarısının en çok tanınan örneğini karşımıza çıkarmaktadır. Motorola ilk 3 yılda 940 Milyon dolardan fazla mali kar sağlamıştır (Hann vd.1999). Motorola ve General Electric haricinde Allied Signal, Samsung Electronics, Amerikan Express, National Science Foundation ve Du Pont Altı Sigma yaklaşımını uygulamış ve ortalama 100.000 dolar ile 200.000 dolar arasında mali kar elde etmiş firmalardandır (Gutierrez vd.2008).

Sigma (σ) ortalamaya göre varyasyonu (standart sapma) gösteren eski yunan alfabesinden gelen bir gösterimdir. 6 Sigma yalnızca problem çözme aracı olarak değerlendirilmemelidir. 6 sigma her türden süreçte (ticaret, üretim, tasarım, insan kaynakları, muhasebe, sağlık vb.) sorun olup olmaması fark etmeksizin yararlanılabilecek bir araçtır.

İstatistikte standart sapma (σ) aşağıdaki Eşitlik 1.1' deki şekilde açıklanmıştır: Işığışık (2005),

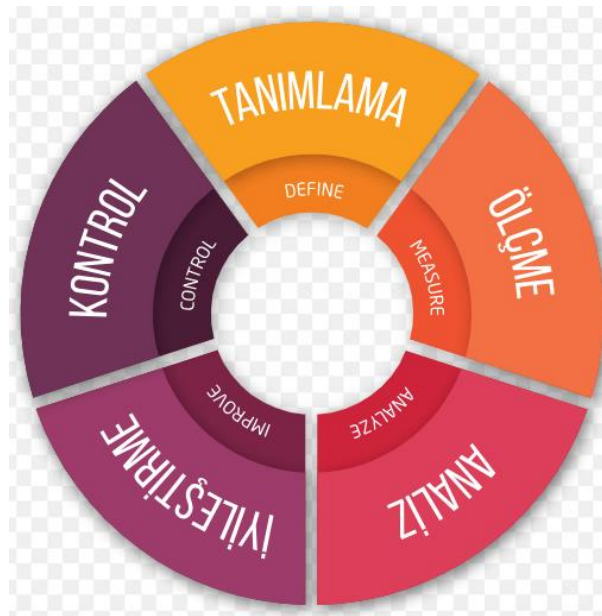
$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N}} \quad (1.1)$$

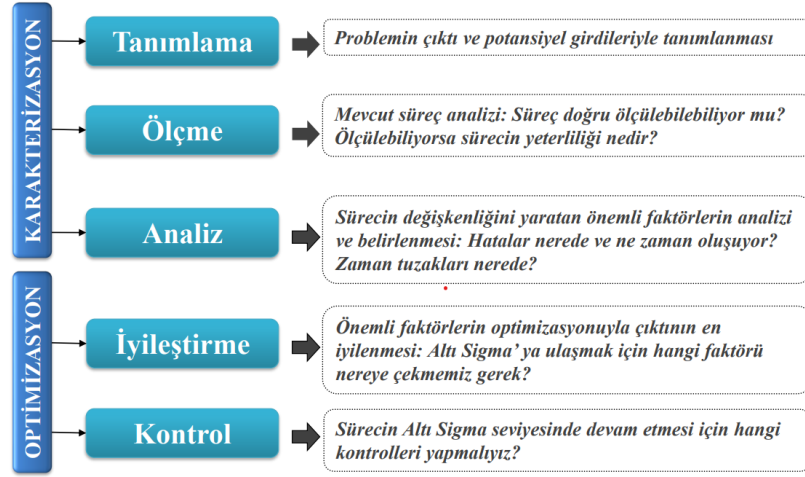
Eşitlik 1.1'e göre; “x”, alınan bağımsız örneğin ölçüm değerini; “ μ ”, örneği temsil eden kütlenin aritmetik ortalamasını; “N” değeri ise alınan örneğin büyüklüğünü sembolize eder. Sapmanın sebep olduğu belirsizliklerle mücadele etmek için sistem, ortam veya şartlar göz önüne alındığında çıkacak tüm rakamların, en küçüğü ile en büyüğü arasındaki dağılımını, hangi değerlerin en çok karşımıza çıkabileceğini gösteren olasılık analizlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda en baz kavram olasılık dağılımı ve buna ilişkin en kritik dağılım normal dağılımdır.

Altı Sigma, süreçlerde mükemmelliğin sağlanması amacıyla uygulanan basit ve etkin bir yönetim metodolojisidir. Altı sigma bakış açısı, aşağıda verilen üç başlığa odaklanır:

- Müşteri ihtiyaçlarını maksimum seviyede karşılayabilme
- Çevrim sürelerini azaltma
- Noksanları asgari düzeye indirme

Hedeflenen performans ile gerçek performans arasında fark mevcut ise, problemin sebebi tam bilinmiyor ise, çözüm kolaylıkla tespit edilemiyor ise, 6 sigma metodolojisi kullanılması uygun olacaktır. Bu metot, değişkenliğin azaltılmasına odaklanmakta, kronik problemlere kalıcı çözümler bularak müşteri odaklı önceliklendirme yapmaktadır.





Şekil 1.34 Sigma metodunun kuralları (Anonim, 2024a)

6 Sigma metodunun kullanılacağı projenin seçimi de çok önem arz etmektedir. Proje seçiminde aşağıdaki maddelere dikkat edilmelidir:

- Önemli etkileri olan proses ya da problem olmalı.
- Kapsam doğru tespit edilmiş spesifik bir proses ya da probleme odaklanmalı
- Doğru tanımlama açıkça anlaşılabilir olmalı, muğlaklık kalmamalı
- Ölçülmeyen bir konu iyileştirilemez.

1.7.5 Altı Sigmada kullanılan teknikler

6 sigma metodu kullanılırken konuyu ilgilendiren doğru kişilerden oluşan bir ekip kurulmalı ve ekip lideri seçilmelidir. Bu ekip kurulurken mutlaka üretim ve kalite departmanı sorumluları ve makine operatörleri, inisiyatif alıp karar verebilen kalite yönetimi temsilcisi olmalıdır. Uygun bir ekip 6-8 kişiden oluşur. Bu çalışma bir takım çalışması olacak ve beyin fırtınası yapılarak beraber karar verilecektir.

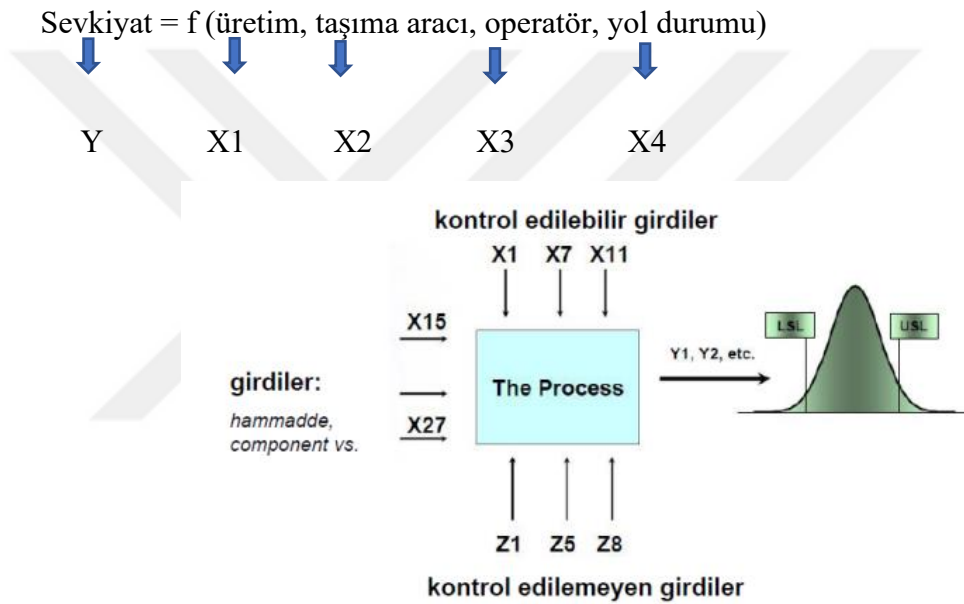
Girdi Tipleri

- Kontrol edilebilir girdiler: Miktar, durum, ölçü gibi değerlerini belirleyebildiğimiz proses girdileridir. Hammadde, işgücü, sıcaklık, elektrik yükü vb.

- Kontrol edilemez girdiler: özelliklerini kontrol altında tutamadığımız girdilerdir. Hava sıcaklığı, nem, tabiat olayları vb.

Prosesi kontrol altına almak için kontrol edemediğimiz değişkenleri en azından ölçmek gerekmektedir. Bir prosesin çıktıları (Y) o prosesin girdilerinin (X) bir fonksiyonudur. Dolayısıyla girdilerde oluşan varyasyon çıktıları etkilemektedir.

$$\text{Çıktı} = \text{Sevkiyat} = Y = f(X)$$



Şekil 1.35 6 Sigma Proses yaklaşımı

6 Sigma ile amaç; etkinliği ispatlanmış girdilerdeki varyasyonları kontrol altına alarak çıktıları kontrol altında tutmaktır.

1.7.6 Müşterinin sesi

Müşterinin sesi (VOC) ifadesi, müşteri ihtiyaçlarını, ürün ile hizmetle alakalı geri dönüşlerini ifade etmek için kullanılmaktadır. Müşterinin sesi verilerinin toplanmasının en önemli hedefi, müşteri isterlerine ulaşmak ve kritik kalite karakteristiklerini belirlemektir.

Müşterinin sesi uyarınca, müşteri ürünleri fiyat istikrarı ve ürünler fiyatlandırmada rekabetçi olmalıdır. Müşteriyle tanışmak, ihtiyaç maliyetinin azaltılması, karlı büyümenin temel itici gücüdür. Buna ek olarak, müşterinin sesi datalarının toplanmasının diğer sebebi, müşteri isteklerinin ve ihtiyaçlarının devamlı değişmesi ve spesifikasyonların yalnızca teknik data'lara odaklanma yaklaşımında olmasıdır. Bununla birlikte, iyileştirme çalışmalarını nerede yoğunlaştırılacağına kolaylıkla karar verilebilir.

Çoğunlukla bir alıcının sesi bulunmamaktadır. Müşteriler, statü durumlarına (eski alıcılar, şu anki alıcılar, rakip alıcılar), müşteri kategorizasyonunda nerde durduklarına (iç, dağıtıcı, final kullanıcı), aldıkları ürün veya hizmet türüne, satın alma potansiyeline, bulunduğu coğrafyaya, satın alma sebeplerine, endüstrisine, yaşı, cinsiyeti gibi toplumun istatistiki değerlerine yönelik değişkenlik göstermektedirler. Bu şekilde, alıcılar genel olarak kendine özgü gereksinim ve ayrıcalıklara sahip olur. Bu çeşitli müşteri tipleri pazar bölümleri şeklinde tanınmaktadır.

Bazı durumlarda ise, müşteri bize ne istediğini direk söylediği halde, bazı durumlarda bu istekleri öğrenmek için fazladan çaba harcamak gerekmektedir.

- Spesifik Talepler; toleranslar, limitler, teslimat süresi, hedefler
- Genel Talepler; Bu telefon yavaş çalışıyor, bekleme süresi çok fazla, yeterince rahat değil

Sonrasında fazlar aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

Analiz Fazı

- Ölçülecek potansiyel temel nedeni belirlenir.
- Süreç sınıflandırmasını kullanarak veriler analiz edilir.
- Test verileriyle temel nedenler doğrulanır.

Çözüm seçim prosesi

- Çözüm fikirleri oluşturulur.
- Çözümler seçilir, maliyeti belirlenir.
- Testler ve verilerle çözümler doğrulanır.
- Yeni proses haritası hazırlanır.

Uygulama fazı

- FMEA'yı kullanarak risk değerlendirilir.
- Tasarım uygulama planı oluşturulur.
- İnsanlarla iletişim kurulur.
- Pilot çözüm ve iyileştirilmiş performans izlenir.

Uygulama planı aşağıdaki elementlerden oluşmaktadır:

- Proje planı,
- Denemelerin gözden geçirilmesi,
- Bütçe kontrol,
- İletişim,
- FMEA ile risk analizi,
- Kaynak gerekliliklerini tanımla,
- İş senaryosunun güncellenmesi.

Kontrol fazı

- İyileştirilmiş uzun vadeli süreç yetenek izlenir ve onaylanır.
- Kontrol planını standartlaştırılır.
- Optimum fırsatlar belirlenir.
- Nihai mali sonuçların doğrulanır.

- Proje bildirisi hazırlanır.

Projeden Öğrenilenler

- Prosesteki gelişimi tanımlamak için titiz bir çalışma önemlidir.
- Kılavuzların etkili bir şekilde uygulanması için deneme numunelerinin ve örnekleme gücünü asla küçümsememek gerekmektedir.
- Organizasyonda değişimi inşa edecek kritik bir insan kitlesi oluşturmak önemlidir.
- Etkili ve tutarlı bir iletişim planı 6 sigma projesinin başarısını direk olarak etkilemektedir.
- Her iyi ürünün arkasında iyi yönetilmiş bir süreç bulunmaktadır.

1.7.7 Kritik kalite karakteristiklerini tanımlama

CTQ Kritik kalite karakteristikleri (Critical to Quality), mal veya hizmetle alakalı alıcı gereksinimlerinin ölçülür hale getirilmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, müşterinin sesi datalarını oluşturulmasından ortaya çıkan alıcı istekleri ile özel ölçülebilir parametreler arasında mantıklı bağlantı kurulmalıdır.

CTQ için spesifikasyonların oluşturulması: Üretim adımında teknik gereklilikler çoğunlukla teknik ya da mekanik gereksinimlerden oluşmaktadır. Ancak, böyle gereksinimler olmadığında, teknik gereklilikler (teknik resim, modeller vb.) çerçevesi ve toleransları belirlenirken müşteri ihtiyaçları baz tutulmakta ve alıcı mutluluğunun eksildiği kısımlar spesifikasyonun limitasyonları şeklinde kabul edilmektedir.

1.7.8 İşin sesi (VOB)

Şirket yöneticilerinin, hissedarların veya diğer çalışanların proseslerden beklentileri olmaktadır.

- Ürünle İlgili; Montajı engelleyecek yüzey bozuklukları, kanal geometrisinin uygun işlenmesi, gevşek bırakılmış civatalar.
- Süreçle İlgili; Hattın zamanında beslenmesi, bakım sürelerinin uzunluğu, uzun süren arızalar.

1.7.9 Kök neden analizi (Root Cause Analysis)

Kök Neden Analizi, analiz adımının veri analizi ve süreç analizinden sonra gelen üçüncü bölümü olarak bilinir ve projenin en önemli bölümünü oluşturmaktadır. Kök Neden Analizi, tespit edilen bir problemin altında yatan temel nedeni tespit etmek için yararlanılan bir metottur. Karşılaşılan problemin giderilebilmesi için beyin fırtınası yapılmakta ve balık kılçığı, neden-sonuç diyagramları, 5 neden analizleri yapılmaktadır. Bu sayede meydana gelen hatalar ve hatalara sebep olan olası nedenler ortaya çıkartılmış olmaktadır (Eckes, 2003).

Proje ekipleri kök neden analizinde açık, dar ve kapalı adım olmak üzere üç çeşit proses gerçekleştirilmektedir. Açık adım bölümünde projenin ekibi güncelde olan sigma performansına ulaşmak amacıyla, bütün proje ve problemin detayları hakkında beyin fırtınası gerçekleştirir. Dar adımda güncel olan sigma performansına ulaşmak amacıyla, olası nedenlerin çizelgesini sınırlandırmaktadır. Kapalı adım bölümünde de, proje ekibi sigma performans durumunu ve problemin nedenlerini belirten limitli açıklamaların olduğu listeyi kabul etmektedirler. Altuğ (2010).

Analiz aşamasının sonunda, güncel performansın nedeni olan doğrulanmış X'ler elde etmiş olunmalıdır. Bunun en önemli yöntemi, ölçüm aşamasında elde edilen verilerin analiz edilmesi; yani veri analizi yapılmasıdır. Öteki yol ise prosesin mercek altına alınarak yoğunlaştırılması; proses analizidir. 6 Sigma projelerinde takımlar her iki yoldan da geçerek kök nedenlere ulaşabileceklerdir.

Genel olarak, üretim süresini azaltmak, verimliliği arttırmak, vs. hedeflenen projelerde proses analizi yapılarak x'ler belirlenmektedir.

Örnek: Çay teslimat süresinin kısaltılması hedeflenirse yapılabilecek analiz, teslimat prosesinin adımlarını mercek altına almak; hangi detay adımlarda en büyük varyasyonun ve kayıpların olduğunu belirlemektir.

Üretilen şeyin bir karakteristiği söz konusu ise; motor gücü, yakıt miktarı, kapı kapama eforu vs. bu durumda veri analizi ile x'ler belirlenmektedir.

Örnek: Çayın tadının iyileştirilmesi amaçlandığında, hangi x'lerin tadı etkilediği veri analizi ile bulunabilmektedir.

Kök neden analizi yaparken aşağıdaki metotlar sıklıkla kullanılmaktadır.

1.8 Balık Kılçığı (Fishbone, Ishikawa Diagram)

Sebeup-Sonuç veya Ishikawa diyagramı olarak da bilinmektedir. Balık kılçığı diyagramı, bir etki veya problem için çok fazla muhtemel nedenlerini tanımlamakta ve açıkça göstermektedir. Beyin fırtınasını yapılandırmak için de kullanılabilir. Ortaya çıkan fikirleri en hızlı şekilde ilişkili olduğu kategoriler içerisinde sınıflandırır ve bu sayede daha kolay kök neden analizi (root cause analysis, 5 neden analizi) gerçekleştirilebilir.

Balık Kılçığı Diyagramı, belli bir sonuca neden olan temel faktörleri bulmaya ve bunların etkilerini belirlemeye yönelik bir analiz ve karar verme tekniğidir. Teknik, bir problemin sebeplerini ve kök sebeplerini belirleme süreçlerini şekillendirmeye yardımcı olmaktadır. Fakat, Balık Kılçığı tekniği problemin tanımlanması ve nedenlerinin belirlenmesine yardımcı olurken problem için net bir çözüm sunmamaktadır.

Ne Zaman Balık Kılçığı Diyagramı Metodu Uygulanır?

- Bir problemin muhtemel sebeplerini tespit ederken,
- Özellikle bir ekipte fikirler tekdüzeleştğinde.

Balık Kılçığı Diyagramı Nasıl Uygulanır?

İhtiyaç olan malzemeler: Kağıdı olan yazı tahtası ve kalemleri

- Problemin ne olduğu üzerinde anlaşmaya varmak, problemi doğru tanımlamak

Tanımlama adımı problem doğru tanımlanıp amaçlar belirlenerek, veriler bir araya getirilerek ölçme adımına geçilmektedir. Bu aşamada Pareto analizi, süreç akış haritaları, kontrol planları gibi teknik yöntemlerden faydalanılmaktadır (George, 2002). Kalitede kritik parametreler (Critical to Quality, CTQ) kullanılarak prosesin o anki vaziyeti, stabilitesi, sapmaları, çeşitli grafiklerden faydalanılarak gösterilmekte ve yorumlanabilmektedir (Arthur, 2004).

Beyaz tahtanın tam ortasına problem ve detayları aktarılır, etrafı çerçeve içine alınmakta ve tam hizası olacak şekilde ok çizilmektedir.

- Problemin kök sebepleri konusunda beyin fırtınası yapılır.

Balık kılçığı diyagramı yapmanın ilk adımı, bir süreç içindeki varyasyonlara katkı sağlayan faktörleri belirlemektir. Ishikawa, bu faktörler imalat dünyasında 6M Analizi olarak tanımlanmaktadır: insan, makine, yöntem, malzeme, ölçüm ve doğal çevre olarak sıralanmaktadır. 6M Analizi, tüm süreçlerdeki varyasyonu etkilemektedir ve kılçığınızın ana kemiği işlevini görmektedir.

6M analizinin nasıl yapıldığına ve süreç çeşitliliğine nasıl katkı sağlanabileceğine aşağıdaki şekilde açıklanabilmektedir.

İnsan gücü (Manpower): Bir ürünün tasarımı ve teslimatı ile sorumlu olan kişilerin operasyonel ya / ya da işlevsel eforuna insan gücü denir. Bu, belirli bir problemin oldukça az rastlanan bir sebebi olarak kabul edilmektedir. Genellikle, insan gücü ihtiyacı olmayan bir etkinin bir sebebi olarak tanımlandığında, bu genellikle bir 6M faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yöntem (Method): Üretim akışı ve katkı sağlayan hizmet sağlama süreçleri yöntem olarak tanımlanmaktadır. Çoğunlukla, süreçlerin çok fazla adım, sonlandırma ve katkısı olmayan ya da fazla değer katmayan başka faaliyetlere sahip olduğu görülmektedir. Modernleştirilmediğinde, basitleştirilmediğinde ve standart akışa entegre edilmediğinde, süreçler kafa karıştırıcı ve takibi güç olabilmektedir.

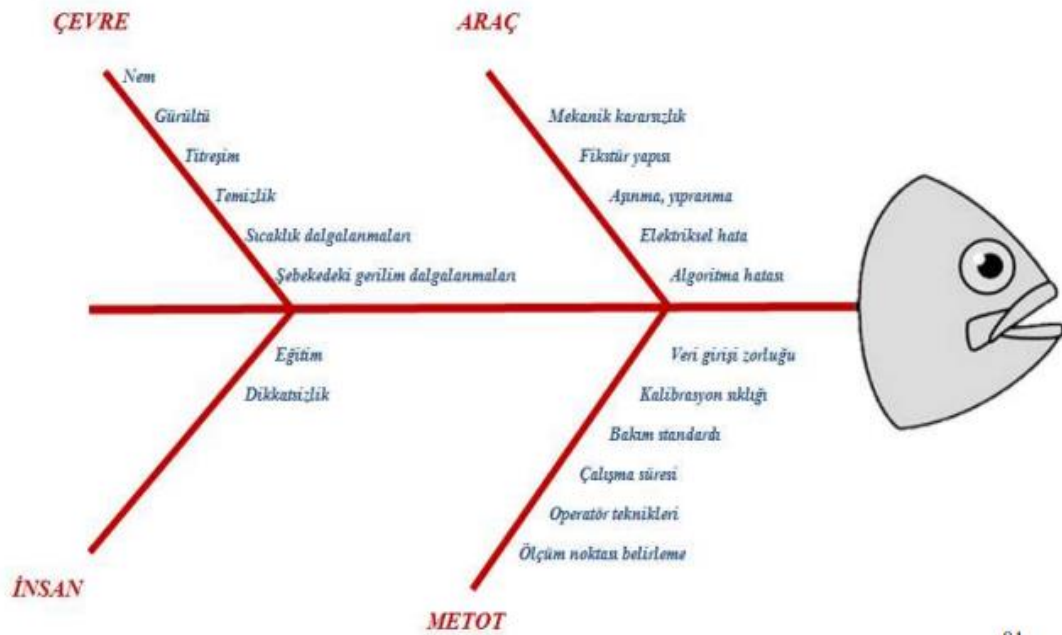
Makine (Machine): Üretim için kullanılmakta olan makine sistemleri, aletler, tesisler ve ekipmanlar makine başlığı altında toplanmaktadır. Çoğunlukla, altında yatan destek sistemlerine sahip makineler, araçlar ve tesisler yanlış yönetilir ya da teknik veya bakımdan kaynaklı problemler nedeniyle istenen çıktıyı verememektedir.

Malzeme (Material): Talep edilen final ürünü üretmek için gereken hammaddeler, bileşenler ve sarf malzemeleri materyal başlığı altında toplanmaktadır. Malzemeler, diğer parametrelerin yanı sıra hatalı belirtilmesi, yanlış etiketlenmesi, uygun olmayan şekilde muhafaza edilmesi, güncel olmaması nedeniyle genellikle hatalı yönetilmektedir.

Doğal Çevre (Natural Enviroment): Hava, sel, deprem, yangın vb. gibi tahmin ve kontrol edilemeyen çevresel etmenler doğal çevre başlığı altında toplanmaktadır. Pek çok çevresel etmen öngörülebilir ve yönetilebilir olarak kabul ediliyor olsa dahi, bazı tesislerin hazırlıklı olmadıklarını düşündüğü kaçınılmaz çevresel faktörler bulunmaktadır.

Ölçüm (Measurement): Manuel veya otomatik değerlendirmeler ve fiziki ölçümler (mesafe, hacim, sıcaklık, basınç vb.) ölçüm başlığı altında toplanmaktadır. Zaman zaman ölçümler birbirlerinden farklı olabilir, stabil olmayabilir. Bu durum, tutarlı bir sebebi ortaya çıkarmaya yardımcı olan yinelenebilir sonuçlar elde etmek için dataları kullanmayı zorlaştırmaktadır.

Aşağıdaki resimlerde balık kılçığı örnekleri görülmektedir.



81

Probleme neden olan kaynakların tespit edilebilmesini kolaylaştırmak amacıyla ana kategoriler belirlenmiştir. Süreç çıktılarına (Y'ler) etki eden süreç girdileri (X'ler) ortaya konmaktadır.

- İnsan: Sürece dahil olan tüm kişiler

- Yöntem/Metot: Sürecin nasıl işlediği, süreçte kullanılan prosedür, kural, düzenleme ve kanunların gereklilikleri
- Malzeme: Süreçte kullanılan tüm malzemeler
- Makinalar: Bilgisayar, alet gibi işin yapılışı için gerekli olan ekipmanlar
- Ölçümler: Kaliteyi analiz etmek için kullanılan referans değerler ve ölçüm verileri
- Çevre: Sürecin işlediği yer, zaman, sıcaklık, kültür gibi koşullar

Sebeup-Sonuç Matrisi (S&S Matrisi)

Olası kök nedenler ortaya konulduktan sonra aralarında önceliklendirme yapmak için sebeup sonuç matrisi kullanılmaktadır.

- Üretimde meydana gelen kayıpların kök nedenlerinin tespitinde,
- Kronik arıza, hızlı aşınma gibi problemlerin kök nedenlerinin tespitinde,
- Müşteri memnuniyetini arttırmak amaçlı çalışmalarda (servis, vs),
- Iskartaya sebeup olan kök nedenlerin tespitinde.

Süreç adımlarında tespit edilmiş olan girdilerin (X'ler), süreç çıktılarıyla (Y'ler) ilişkilerinin kurulmasını sağlamakta, müşteri beklentilerine (CTQ-Critical to Quality) önem derecesine göre puan verilerek, CTQ'lere etki eden temel girdilere odaklanması sağlanmaktadır. Süreç girdilerinin çıktılar üzerindeki ilişki kuvveti aşağıdaki skalaya göre puanlamaktadır:

0 ➡ İlişki yok

1 ➡ Çok zayıf ilişki

2 ➡ Orta düzeyde ilişki

5 ➡ Güçlü ilişki

9 ➡ Çok güçlü ilişki

	Müşteriye göre önemi											
	No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Girdiler	Sipariş kabulü	45 gün içinde sevkiyat	Araç takibi	24 saat sevkiyat uyarısı							Toplam
1	Sipariş sistemi	9	3	1	1							56
2	Üretim	3	9	9	1							100
3	Demiryolu taşıması	1	9	9	9							102
4	Mix alanı	1	3	3	9							42
5	Kamyon taşıması	1	3	3	9							42

Şekil 1.38 Sebep-sonuç matrisi örneği

5 neden analizi (5 Why?)

5 Neden analizi, belirli bir problemin altında yatan neden-sonuç ilişkilerini keşfetmek için kullanılan bir tekniktir. Tekniğin temel amacı, problemin kaynağına inerek sorunu tespit etmektir. Problemin nedenlerinin geriye yönelik nedensellik bağı içerisinde irdeleyerek problemin temel kaynağının ortaya çıkmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 1.39 Örnek neden-neden analizi

Varyans analizi (ANOVA)

Varyans analizi, serilerin toplam varyansını, her birini farklı değişim kaynağına bağlı kısımlara bölerek bu faktörlerin arasında ciddi farklılık olup olmadığını incelemek, buna bağlı olarak hangi girdilerin önemli olduğunu belirleyip vurgulamak için kullanılmaktadır. Yani, ANOVA bağımlı olmayan değişkenlerin nasıl etkileşime girdiklerini ve bu etkileşimlerin bağımlı değişken üstündeki etki ve sonuçlarını analiz etmek için kullanılır. Süreç performans karakteristiğindeki farklılığın hangi faktör ve etkileşimiyle açıklanacağını, buna bağlı olarak faktör ve faktörlerin etkileşiminin etkisinin seviyelerini tespit etmek için varyans analizi yapılmaktadır. Tek yönlü varyans analizinde bir etkiye odaklanılan değişken parametreler söz konusu olmaktadır. Örnek olarak, üç farklı marka bulunan kesici markasında talaş kaldırma sırasında açığa çıkan ısının değerinin ortalama değerlerinin araştırılmasına benzemektedir. İki yönlü varyans analizi ikiden çok temel kütle ortalamaları kıyaslanırken, veriler iki kritere bağlı olarak kategorize edildiğinde iki yönlü varyans analizi kullanılmaktadır Altuğ (2010).

1.8.1 FMEA

Tasarımda veya proste hatalar ortaya çıkmadan önce önlemeye yönelik bir sistemdir, riskleri öngörerek, risklerin önem derecelerine göre puanlama yapılmakta ve risk büyükse aksiyon alınmaktadır. Fakat riskler bazen tehdit bazen de fırsat olarak karşımıza çıkmaktadır. Tüm riskler tehdit olarak değerlendirilmemektedir.

Hata Modları ve Etkileri Analizi (FMEA), aşağıdakileri amaçlayan bir risk analizi metodolojisidir:

- Bir ürün veya prosesin potansiyel başarısızlığını ve etkilerini belirlemek ve değerlendirmek,
- En kritik riskleri en aza indirecek eylemleri tanımlayın ve uygulamak

Aşağıdakileri değerlendirmek için standartlaştırılmış bir analitik tekniktir:

- Bir arızanın birleşik olasılığı ve bununla ilişkili etkisi,
- Potansiyel başarısızlık etkilerinin müşteriler üzerindeki etkisi,
- Ürünün yaşam döngüsü içindeki potansiyel arızaları tespit etme veya önleme yeteneği.

Bu metodoloji düzeltme yerine önlemeye odaklanmaktadır. FMEA iki çeşit yapılmaktadır. Bunlardan ilki, tasarım FMEA (DFMEA) ürün tasarımına odaklanır. Proses FMEA (PFMEA) her türlü prosese odaklanmaktadır (örnek süreçler: oluşturma ve temel süreçler, iş süreçleri vb.).

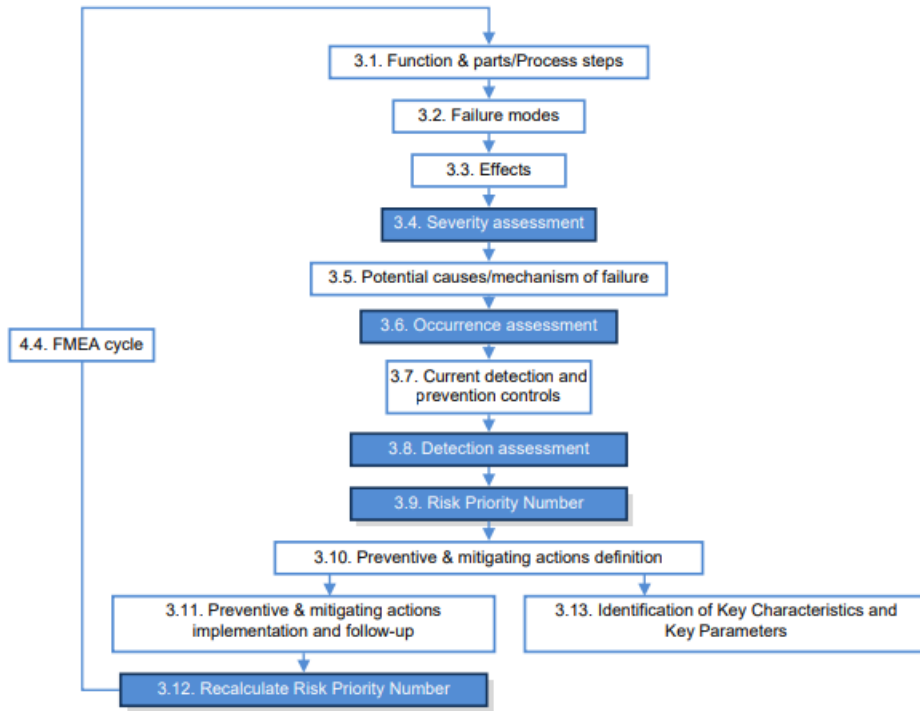
Başarılı bir FMEA, ekibin geçmiş deneyimlerine ve hayal gücüne dayanarak potansiyel arıza türlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır ve benzer ürünler veya süreçlerle ilgili uzmanlık gerektirmektedir.

FMEA'nın yararları şu şekildedir:

- Ürün veya prosesle ilgili risklerin objektif olarak değerlendirilmesine yardımcı olmak,
- Şirket içinde standartlaştırılmış bir risk analizi yöntemi sağlamak.

Risk azaltma eylemlerinin önerilmesi ve izlenmesi için çerçeve aşağıdaki gibi olmalıdır:

- Düzeltme yerine önlemeye odaklanmak, kötü sonuçların olmadan önlenmesini sağlamaktadır.
- Ürün veya süreç eksiklikleri ve ilgili önleyici risklerin önceliklendirilmesi kritik önem taşımaktadır.
- Tekrarlanan sorunları ve kalitesizlik maliyetlerini önlemek için ürünün olgunluğunu, güvenilirliğini ve kalitesini artırmak gerekmektedir.
- Üretim artışı ve hizmete girişin güvence altına alınmasına katkıda bulunmak gerekmektedir.
- Müşteri memnuniyetini arttırmak (üretim ve üretim gibi dahili olarak).



Şekil 1.40 FMEA adımları

Hata modu, hatanın oluşma şeklinin fiziksel/teknik açıklaması olarak tanımlanmaktadır. Hata modu, amaçlanan tasarımı/süreci doğrudan etkileyen bir parametredir.

RPN (Risk Priority Number): Risk öncelik sayısı olarak tanımlanmaktadır.

RPN: (Şiddet) x (meydana gelme) x (saptama) değerlerinin çarpımıdır. Risk Öncelik Numarasının (RPN) değeri, 1 (düşük risk) ile 1000 (yüksek risk) arasında değişebilmektedir. Risk ve farklı potansiyel arıza modlarını mümkün kılmaktadır. Böylece, potansiyel olarak daha yüksek etkiye sahip olan riskler önceliklendirilerek kategorize edilmektedir.

FMEA'nın temel amacı, potansiyel riskleri en aza indiren azaltıcı eylemleri uygulamaktır. Risk azaltıcı eylemin amacı RPN'nin değerini azaltmak ve en aza indirmektir. Alınan aksiyonlara göre RPN değeri yeniden hesaplanmaktadır.

1.8.2 Ölçme aşaması

Bu adımda güncel duruma dair ayrıntılı bilgiler elde edilmektedir. Adımın en kritik özelliği ölçülecek faktörlerin doğru olacak şekilde elde edilmesidir. Çalışmanın özellikle iyileştirmelerin düşünüldüğü alanlar ele alınarak yapılması gerekmektedir. Ölçüm sistemlerinin taşınması gerekli olan kritik özelliklerinden bir tanesi, ölçüm sisteminin istatistiki açıdan kontrol altına alınması gerekliliğidir. Bunun nedeni, ölçümü yapılan parçalar farklılık gösterdiğinde ölçme sisteminin istatistiki özelliklerinin de farklılık göstermesi beklenmektedir. Örneklemeler alınmalıdır. Altuğ (2010).

Burada en önemli adım veri toplamaktır. Bu çalışmada, ilgili tezgahlardaki termokapılardan (ısıl çift) rezistans sıcaklıkları ile ilgili veriler toplanmıştır. Ölçümlerin doğruluğu adına, farklı operatörler ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Hipotez testleri: Hipotez; olaylar arasında bağlantı kurmak ve olayları bir sebep ile bağdaştırmak üzere tasarlanan ve geçerli kılınan bir önermedir. Hipotez Testleri; popülasyonu temsil eden örnekler kullanılarak hipotezi ispatlamak ya da çürütmek amacıyla yapılmaktadır Örnekler,

- Kullanılan hammaddelerden birinde değişiklik yapılmakta ve bu değişikliğin çıktı üzerinde etkili olup olmadığını belirlemek istenmektedir.
- Bir makinanın arıza ve bakım sonrası yeterliliğinin değişip değişmediğini tespit etmek istenmektedir.
- Bir otomobilin performansının yağ değişimi sonrası değişip değişmediğini test etmek istenmektedir.
- Kullanılan hammaddelerden birinde değişiklik yapılmış ve bu değişikliğin çıktı üzerinde etkili olup olmadığını belirlemek istenmektedir.

6 Sigma Araçlarının bazıları aşağıdaki resimde gösterilmiştir.

GRUPLAMA

Dot Plot
Pie chart
Box plot- İnterval
Contour, Scatter, Matrix

ÖLÇME

MSA (GRR)
Yeterlilik
Kontrol ve Teknoloji
Matrixi

İLİŞKİLENDİRME

Basit & Çoklu Regresyon

KIYASLAMA

Ki Kare
T-test
Anova

İZLEME

Time Series
Trend, tahmin

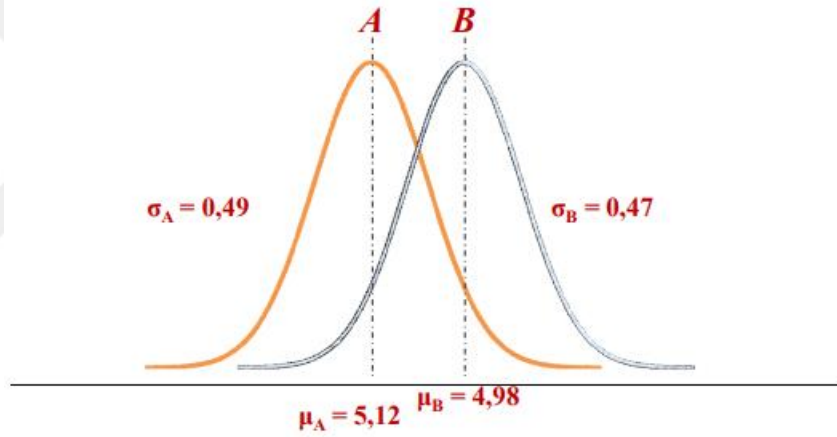
KONTROL

SPC

DENEME

DOE

Şekil 1.41 Sigma araçlarının bazıları



Şekil 1.42 Örnek hipotez testi

Ölçüm sistemi analizi, Gage R&R

- Parçalar rassal olarak ve süreçteki değişim aralığının bütününe kapsayacak şekilde seçilmektedir. Seçilen parçalar, mümkün olduğunca, toplam süreç değişkenliğini temsil etmelidir.
- Tipik olarak 10 parça seçilir.
- Her parça her operatör tarafından 2-3 kez ölçülür.
- Cihaza ilişkin kesin karar vermek için 10 parça toplam süreç değişkenliğini temsil etmedikçe yeterli bir örnek büyüklüğü olamaz.

1.8.3 Kontrol

Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir, Kontrol Et prensiplerinin beşinci ve son adımı kontrol adımı, kontrol adımı olarak tanımlanmaktadır. Bu adımda, uygulanan geliştirmelerin sürekli hale getirilmesi hedeflenmektedir. İyileştirmenin sürekliliğinin sağlanabilmesi için devamlı kontrol edilmesi gerekmektedir (Thomsett, 2005). Çıktılar istatistiki kontrol göstergeleriyle takip edilmekte, devamı olan sürecin tutarlı olması talep edilmektedir. Bu sayede kontrolün dışında olan sonuçlara hemen müdahale edilerek prosesin kontrollü bir biçimde yinelenen ve daimi olması sağlanmaktadır. Bu aşamada ek olarak müdahale çizelgesi oluşturulmalı, iyileştirmeler uygulanmasının akabinde proses akışı adım adım belirtilmelidir. Çıkarılan proses akışında başından sonuna yapılan iyileştirmeler ilave edilmeli ve kayıtları tutulmalıdır (Eckes, 2003).

Ölçümler ve veri analizleri sonrasında ilgili proses ve makinede iyileştirmeler yapılmaktadır. İyileştirme aşaması sonunda ortaya atılan çözümler ile uygulamaları kalıcı hale getirmek ve devamlı kontrol altında tutmak için yürütülen adımdır. Kontrol aşaması neticesinde zaman geçtikçe güncel yaklaşımları ortaya atılabilmektedir. Kontrol aşamasında kullanılabilecek araçlar:

- Kontrol Planları
- Kontrol diyagramları
- Akış diyagramı
- Veri toplama
- Kalite kontrol
- Standart iş

Uygulanan 6 sigma faaliyetleri sonrasında yapılan iyileştirmeler mutlaka valide edilmeli, doğrulanmalıdır. İlgili kontrol formları, iş akış şemaları, kalite kontrol planları, talimat ve prosedürleri güncellenmelidir. İlgili personele yapılan iyileştirmeler ve bundan sonraki süreç hakkında bilgilendirmeler yapılmalı, eğitimler verilmelidir. Belirlenen izleme periyodu (3-6 Ay) ile finansal getiriler ilgili departmanlar tarafından onaylanmalıdır. Bu sonuçlar projenin başarısının kanıtlarından biri olarak kabul edilmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yapılan kaynak araştırmasında; yöntem geliştirmeye ve elde edilen verilerin değerlendirilmesinde yardımcı olacak eserler, özet şeklinde tanıtılmaya çalışılmıştır. Çoğunluğu araştırma niteliği taşıyan bu eserler, bilgi ve verilerin analizi yönünden önemli ölçüde yardımcı olmuştur.

Pearson vd. (2001), Altı Sigma uygulamalarının ölçüm bilimi metotları ile harmanlanmasının firmalara oldukça fayda kattığını ve firmaları sektörde iyi düzeye getirebileceğini belirtmiştir.

Linderman vd. (2003), Altı Sigma yaklaşımına ayna tutmuşlardır. Yaptıkları çalışmada Altı Sigmanın performans düzeyini yükseltmek amacıyla genelde açık hedefleri uyguladığının üzerinde durarak çift taraflı yaklaşımla birlikte konuyu irdelemiştir. Hedefindeki teori, hangi amaçların hangi koşullarda kolayca erişilebilme durumlarını tespit eder. Örnek olarak, hedefteki teori, açık olarak tespit edilmiş ve ölçümleri yapılmış hedefin fuzzy veya “do-best” tipi hedefe oranla daha faydalı sonuca ulaşılır. Buna ek olarak, hedef teorisi, geçerli olma ve kullanım bakımından öteki yöntemlere kıyasla “çok iyi” şeklinde seviyelendirilmiştir.

Balcı (2005), bir Altı Sigma iyileştirme çabası olarak, uzun vadede hata oranını üretilmiş olan 1 milyon adet üründe (hizmette) 3,4 adet hatası olan ürüne (hizmete) indirme konusunda çalışmıştır. Çalışmasında amaç, Altı Sigma tekniğini kullanarak, ürün kalitesine etki eden olumsuz faktörleri tespit etmek ve incelenen süreçlerin sigma seviyesini yükseltmektir. Bunu gerçekleştirmek için bir proje ekibi oluşturulmuş ve kalite teknikleri sebep sonuç matrisi, süreç haritalama ve istatistiksel teknikler (hipotez testleri, deney tasarımı) kullanılmıştır.

Çalışkan (2006), altı sigma ve toplam kalite yönetimi adlı tez çalışmasında, şirketlerin üretim ve hizmet süreçlerini daha iyiye götürmeleri amacıyla seçecekleri farklı kalite iyileştirme metotları olduğunu vurgulamıştır. Altı Sigma ve toplam kalite yöntemi bu

metotlardan en önemlileridir. Altı Sigma, sorunlara sayısal olarak ölçülebilen çözümler getirdiğini ve kilit taşı olan noktaları optimum hale getirilebildiği bir yaklaşım olduğunu belirtmiştir. Toplam kalite yönetimi metodunda ise, müşteri önde tutulur ve müşterinin istediği ürüne doğru isterlerde, uygun kalitede, hızlı şekilde ve müşteriyle yakın ilişki içerisinde ve çalışan personelin motivasyonu ile bir bütün oluşturulması gerekliliğinin üzerinde durmuştur. Fakat bu bakış açıları ilk bakışta aynı hedefe yönelik olduğu anlaşılrsa da, arasında farklılık bulunmaktadır. Altı Sigma kalite prensibi, toplam kalite yönetiminin etkisiz olduğu bir zamanda ortaya çıkmıştır. Yani, Altı Sigma kendinden önce kullanılan kalite anlayışını da içine alarak, toplam kalite yönetimi ile şartları uygunlaşmış bir firmada daha büyük fayda sağlandığını ve bunun daha basit olacağını gözlemlemiştir.

Evren (2006), altı sigma metotları ve seçilen firmada uygulaması isimli tez çalışmasında, altı sigma yaklaşımını ve önerdiği geliştirme aksiyonlarını detaylıca incelemiş ve firmaların altı sigma adımlarına hazırlanma ve süreçteki karşılaşılabilecek konuları açıkça ortaya koymuştur. Örnekleme yaptığı altı sigma uygulamaları sayesinde ilgili metodolojinin çerçeve resmini özetlemiştir.

Özkan (2006), endüstride altı sigma uygulamaları tez çalışmasında, altı sigma metotlarını uygulayan firmaların hatalarını daha iyi analiz ederek, süreçlerini kontrol altında tuttuklarını ve daha kaliteli ürünler üreterek müşteri memnuniyetini sağladıklarını yaptığı çalışmalarda görmüştür.

Başaloğlu (2007), yapmış olduğu çalışmada 2007 yılında Aydın ilinde üretimi olan küçük ve orta ölçekli firmalarda altı sigma metotlarının uygulamaya konmasını incelenmiştir. Anket metodu vasıtasıyla bir araya getirilen verilerin ve analiz sonuçlarına göre orta ölçekli firmaların altı sigma metotları ile proseslerinde iyileşmeler kazandığı vurgulanmıştır.

Atmaca ve Girenes (2009), altı sigma metodolojisi adlı çalışmalarında, altı sigma prensipleri üstüne literatür taraması yapılmıştır. Literatürde bulunan tez çalışmaları kategorize edilmiştir. Bu çalışmaların detayları konusunda özet bilgilendirme yapılmıştır.

Tabak (2009), müşterinin öncelik ihtiyaçlarının tespit edilmesi, müşterinin sesini baz alarak istatistik perspektif dahilindeki Altı Sigma DMAIC direktifleri kapsamında ele alınmaktadır. Bu çalışmada bir musluk üretim fabrikasına vaka analizi yapılmıştır. Değerlendirmeli kıyaslama yapılarak, istatistiksel hata analizi ve ürün miktarına ilişkin veriler kullanılarak müşteri ihtiyaçları tanımlanmıştır.

Altuğ (2010), altı sigma proje uygulamasında firmaların kazandıkları bakımından kıyaslamalı analiz çalışmasında, imalat sanayinde faaliyette olduğu 11 firmanın, altı sigma proje uygulama örneklerinin anket yoluyla irdelenmesi ve bu örneklerin analizlerine yer verilmiştir. Bu analizlerin sonucunda firmaların altı sigma proje uygulamalarına başlamadan ve uygulamalar bittiğinde kıyaslama gerçekleştirilerek ekonomi ve teknik yönden firmaların kazandıkları tespit edilmiştir. Firmalarda uygulaması yapılan proje sonuçlanma zamanları, projeden kazançların bilançoda ölçülme hali ve altı sigma faaliyetlerini ilerleten bağımsız bölümlerinin bulunup bulunmadığı beraberinde incelenmiştir. Bu kapsamda, projenin giderlerinin karşılanabilmesi, kazanç getirmesi ayrıca bu neticelerin bilançoda ölçülebilir olmasının, ilgili projelerin tahmin edilen vakitlerde bitirilmesi ile kesin olarak ilişkisi olduğu sonucu çıkarılmıştır. Üst yönetimin bakış açısı dikkate alınarak, altı sigma faaliyetlerinin stratejik iş amaçları ile ilişkisi değerlendirilmiş ve en kritik amaçların; müşterinin tatmin edilmesi, ayrıca kazanç, fayda edinmek olacağı sonucu ortaya çıkmıştır.

Özveri (2012), altı sigmanın proje önceliklendirme yapısı dikkate alınarak, en fazla hatanın görüldüğü kasnak üretimi prosesinde iyileştirmeler yapmıştır. İyileştirmeler sonucunda kasnak üretim prosesinde yüzdesel yanlışlık kapsamında başka sorunlarla karşılaşıldığını gözlemlemiştir. Gerçekleştirilen ölçümler sonunda, kalibrasyondan kaynaklanan yanlışlıkların düştüğü, röleden kaynaklanan yanlışlıkların yükseldiği gibi sonuçlardan yola çıkarak, sonrasındaki proje role operasyonda iyileştirme üstüne olacağı tespitinde bulunmuştur. Müşterilerden, tespit edilen taleplerde ikili kıyaslama yapmalarını istemiştir. Firmaların proje tercihi ve uygulaması kapsamında yalnızca müşterilerin seslerine değil, işlerin seslerine de kulak verilmesi gerekliliği sonucuna varmıştır.

Satı ve Gülay (2012), çalışmalarında ülkemizin önde gelen enerji firmalarından Enerjisa'nın bir santralinde altı sigma uygulanması neticesinde meydana gelen farklılıklar gözlemlenmiştir. Kullanılan altı sigma metotları sonrasında yıl bazında yüz bin dolar ile yüz on bin dolar arası verimde artış sağlandığı, orada üretimi yapılan buhar gazı kaynının olmaması için uygulanan altın sigma yöntemi neticesinde kapasite yükseltme hedefi 30 kWh'den 114 kWh olduğu tespit edilmiştir.

Sevinç (2013), altı sigma metodolojisi sayesinde prosesleri geliştirme ve ulaşım sektöründeki örnek uygulama adlı tezinde, altı sigma metodundan yararlanılarak, otomotiv piyasasına çalışan bir şirket için V-227 kodunu taşıyan araç parçasının sistemde tahliye edilmesinin kontrolünün sağlandığı adımlarda bazı geliştirmeler uygulamaya konulmuştur. İş akışında gerçekleştirilen iyileştirme aksiyonları sonucunda, kontrolünün yapıldığı sürelerdeki azalma oranını ve seviyesini incelenmiştir. Kontrol adımına altı sigma metodolojisi entegre edilerek yeterli sayıda geliştirmeler uygulandığında; şirketin süre, iş gücü ile birlikte kazanç bakımında ne kadar fayda ve kar sağlayacağı istatistiksel analizlerle desteklenmiştir.

Söyü Eren (2017), süreç iyileştirme yöntemleri ve altı sigma uygulamaları bir işletme örneği çalışmasında, üstün başarı elde etmek, varlığı sürdürebilmek ve karı uzun dönemde maksimum seviyede tutabilmek açısından işletmelerin uygulayacakları Altı Sigma süreç iyileştirme yönteminin gerekliliğini örnek bir uygulama çerçevesinde açıklamaya çalışmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde süreç ve süreç yönetimi kavramları tanımlanmakta; süreç yönetiminin amaçlarına yer verilmekte, süreç performanslarının kalıcı olmasını sağlayan süreç iyileştirme açıklanmakta ve toplam kalite yönetimi, Kaizen, Altı Sigma, Tam Zamanında Üretim, Yalın Yönetim ve Poka Yoke şeklindeki süreç iyileştirme yöntemleri incelenmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde Altı Sigma ve tarihsel gelişiminden söz edilmekte; tanımlama, ölçme, analiz, iyileştirme ve kontrol başlıklarından oluşan Altı Sigma uygulama yöntemlerine yer verilmekte, Türkiye'deki ve dünyadaki Altı Sigma uygulamaları açıklanmaktadır.

Uluskan (2018), Türkiye'nin altı sigma uygulama haritası adlı çalışmasında, ülkemizde 1000'den fazla firma ve kuruluş incelenmiş altı sigma prensiplerini kullanıp kullanmadığı

incelenmiş ve üretim süreçlerinde aktif olarak 265 şirket tespit edilmiştir. Firmalar adları, illeri, sektörleri, altı sigma ve diğer kalite prensipleri bakımından incelenmiştir. Bulunan bilgiler ışığında şehirlere açısından uygulamaların yoğunlaştığı yerlerin haritasını çeşitli tekniklerden yararlanılarak ikili görüntü oluşturulmuş ve dijital Türkiye haritası ortaya çıkmıştır. Bu sayede, ülkemizde Altı Sigma kullanım örnekleri ve ilgili sektörler bakımından istatistiki doğrular ortaya çıkmış, bu doğruların, konuyla ilişkili tüm insanlarla kullanımı sağlanmıştır.

Avunduk (2019), yalın altı sigma: bir pet şişirme makinesinde süreç iyileştirme uygulaması isimli tez çalışmasında, yalın altı sigma yaklaşımı incelenmiş ve içecek şişeleme piyasasında üretim yapan bir şirketin proseslerinde enerjinin tüketimini indirmek amacıyla yalın üretim ve Altı Sigma prensipleri uygulanmıştır. Bu kapsamda yalın Altı Sigma metodları (DMAIC: define, measure, analyse, improve, control) aktif kullanılarak, enerjinin tüketimi çeşitli analiz yöntemleriyle mercek altına alınmış ve en fazla enerjinin tüketildiği kısım tespit edilmiş ve geliştirilen prosesler sonrasında, pet şişeleme makinasında harcanan enerjide 150.000 TL'lik tasarruf yapıldığı görülmüştür.

Bayam ve Oralhan (2020), pet şişirme makinalarında fırını optimize etme çalışmasında, değişen iklim koşullarına karşılık pet şişe şişirme makinalarındaki infrared lambaların ısı optimizasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Pet şişelerin ham malzemesi olan preformun, geliştirilmiş yazılımla ısı optimizasyonu yapılmış fırından alınan ısı, termal kamera yardımıyla gözlemlenmiştir; sonuçları standart sistemdeki fırın ile karşılaştırılmış ve elde edilen veriler ışığında, yazılımın preformu olumlu şekilde etkilediği ve değişkenlik gösteren hava şartlarından değişmeyen, kalitesi yüksek, az maliyetli şişelerin çıkmasında etkili olduğu görülmüştür.

Sarman ve Soediantono (2022) tarafından yapılan bir çalışmada, farklı endüstrilerde performans ve rekabeti yükseltmek adına Yalın Altı Sigmanın oldukça fazla uygulandığı belirtilmiş ve bu çalışma, Yalın üretimin çeşitli sektörlerdeki kazançlarını araştırarak savunma sanayisinde uygulanması adına tavsiyeler vermek hedefiyle yapılmıştır. Bu çalışmada yöntem, 2010-2021 yılları arasında yayınlanan ülke içi ve ülke dışındaki

dergilerin makalelerinden derlenen, analiz edilerek ve sonuçlandırılarak ortaya çıkarılan literatür taramasından meydana gelmektedir.

Diker (2023), yalın altı sigma yöntemiyle hata oranlarının azaltılması ve simülasyonu: değirmen makinaları imalat işletmesi örneği doktora tez çalışmasında, değirmen makinaları imalatı sektöründe faaliyet gösteren bu işletmenin üretim süreçlerini yalın altı sigma yöntemleri kullanılarak hata ve fire düzeylerini azaltacak önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca bu önerileri simüle ederek gözlemlene ve analiz edilmesini sağlanmış ve bu örnek olay üzerinden KOBİ ölçeğindeki işletmeler açısından yalın altı sigma uygulamalarındaki zorluklar ve potansiyeller ortaya konulmuştur.

Toker (2023), bir plastik işletmesinde altı sigma uygulaması adlı çalışmasında Altı Sigma'nın tanımla, ölç, analiz et, iyileştir, kontrol et aşamalarından üç tanesine odaklanılmış, ele alınan firmanın satın alma sürecinde meydana gelen kusurları tespit ederek, şirketin maliyetini düşürmek ve iyileştirme yapmayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda veri toplanarak, istatistikî metotlar kullanılarak istatistiksel analiz yapılmış, (Analitik Hiyerarşi Süreci, Pareto Analizi, Kruskal Wallis H Testi vb.) ortaya çıkan analiz sonuçları dikkate alınarak iyileştirme tavsiyeleri verilmiştir.

Turhan (2023), altı sigmanın iş kazalarını önlemedeki yararlarının ortaya konulması hedeflenmiştir. Çalışmada Altı Sigma DIMAC yöntemi uygulanan endüstriyel dizel motor üretim ve bakım onarım hizmetleri sektöründe olan kaza adedi ve türü incelenmiştir. Bu inceleme sonrasında altı sigma DIMAC yönteminin yapılması ile kazalardaki değişiklikler incelenmiştir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Bu çalışmada bahse konu olan, tarımsal amaçlı gübre ve zirai ilaçların taşınmasında aktif olarak kullanılan dokuma (örme) plastik torbalar, dış kısmında jüt adı verilen polipropilen plastik malzeme ve iç kısmında polietilen plastik filmden oluşan torbalardır. Bu çantalar gübre nakliyesinde önemli bir rol oynamaktadır. Buna ek olarak, tarımın can damarı olarak düşünülmektedir. Her ambalajda olduğu gibi, sızdırmazlık ve içindeki ürünün iyi koruması bu alanda da çok önemlidir. Üretimde proses hatları, dokuma plastik üretimi prosesi, iplik üretim hattı, dokuma tezgahı, fleksografik baskı makinesi, kesim dikiş makinesi, çözgü ve atkı bantları, çekim silindiri, sıcak kesim, PE (Polietilen) film hattı, PE (Polietilen) torba hattı, sarım ünitesi ve granülatör makinesinden oluşmaktadır.

Plastik torbaların ana ham malzemeleri, polimerizasyon sonrası polimer parçacıkları oluşturan petrokimya ürünleri olarak bilinen polietilen ve polipropilendir. Bu parçacıklar kimya tesisleri veya petrokimya firmaları aracılığıyla imal edilip plastik torbalar için hammadde haline getirilmektedir. Şekil 3.1’de polietilen ham malzeme örnekleri bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Polipropilen malzeme



Şekil 3.2 Polietilen malzeme

3.2 Polipropilen Plastik Torba

Polipropilen hammaddesi yarı saydam, renksiz bir katıdır, toksik değildir ve kokusuzdur. Erime noktası 167 °C yüksektir, bu nedenle polipropilenden yapılmış plastik ürünler ısıya dirençli, korozyona dayanıklı olur ve buharla sterilize edilirler.

3.3 Polietilen Plastik Torba

Polietilen polimerize olup, kokusuz ve güçlü kimyasal stabiliteye sahip, toksik olmayan bir malzemedir. Günlük kullanım sıcaklığı -100~70 °C ve günlük hayatta genelde yiyecekleri paketlemek için kullanılır. Ancak PE plastik torbaların ısıya dayanma sıcaklığı 70 °C'nin altında olmasından kaynaklı yüksek sıcaklıktaki maddeleri ambalajlamada kullanılamaz.

3.4 Örme Plastik Torba

Bu çalışmada, materyal olarak aşağıdaki resimlerde de örnekleri görünen örme plastik gübre torbaları kullanılmıştır. 100 adetten fazla gübre çeşidi olup, 50 adetten fazla dokuma plastik torba çeşidi bulunmaktadır. Gübre torbaları genelde azami 50 kg olarak doldurulmaktadır ve dikiş yöntemi ile kapatılmaktadır. Torbanın dışında polipropilen

(PP) malzemeden üretilmiş dokuma plastik torba, iç kısmında ise polietilenden üretilmiş PE film bulunmaktadır. Bu iki torbanın iç içe geçirilmesi manuel olarak gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.3 Dokuma plastik gübre torbaları

3.5 Sektördeki Örnek Alınan Firmanın Özellikleri

Bu araştırmada, sektörde etkili isimlerden bir firma ile iş birliği içinde çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Bu firma, hem gübre hem de torba üreten büyük bir işletmedir.

Firmanın birçok ildeki yerleşkelerinde imal edilen gübrenin paketlenmesi adına ihtiyaç duyulan torbanın hepsi, yine aynı firma bünyesinde organizasyonel yapılanmış torba fabrikası tarafından karşılanmaktadır. Gübre piyasasında büyük ihtiyaç olan torba ihtiyacını firma bünyesinde karşılayarak firmaya önemli katma değer kazandıran tesiste 33 milyon adet/yıl kapasiteyle Polipropilen ve Polietilen torba (25 kg ve 50 kg) üretimi yapılmaktadır.

3.6 Yöntem

Bu çalışmada belirli bir konuda yaratıcı ve etkin düşünceler topluluğu ortaya koymak amacıyla kullanılan genel bir metot olan beyin fırtınası yöntemi aktif olarak kullanılmıştır. Bu sayede, işi yapanların hayal gücünü iyileştirmeye ilişkili çalışmaları sırasında oluşturduğu fikirlerini, hiçbir engelleme olmaksızın olabildiğince hayal gücüne dayalı önerileri projenin başarıya ulaşması için kullanılabilmektedir. Ekip üyeleri, hiçbir baskı olmadan iyileştirme, tavsiye geliştirebilmiş ve kendilerini özgürce ifade edebilmişlerdir. Altı sigma proje ekibinde proje koordinatörü, şirketin üst yönetimi, üretim mühendisi, kalite mühendisi, üretim müdürü, kalite müdürü, ilgili üretim hat operatörleri, genel müdür, üretim hattındaki operatörler ve kalite kontrol sorumluları bulunmaktadır.

Gübre taşınmasında sık kullanılan dokuma plastik torbaların üretimindeki PE film kopmalarının önüne geçmek için, bu projede problem doğru ve net olarak tanımlanmış, 5 neden analizi, kök neden analizleri, balık kılçığı metotları ile veri toplanmıştır. Soğutucu sıcaklıklarının dağılımına bakılmıştır. Çok büyük bir değişkenliğin olmadığı gözlemlenmiştir. Motor ve şanzıman devirleri incelenmiştir. Yine devir sayılarında da sapma yüksek çıkmamıştır. Makine tezgahlarında 4 adet rezistans aşağıda, 2 adet rezistans üstte bulunmaktadır. Rezistans sıcaklıklarında sapmaların fazlaca olduğu görülmüştür. Sıcaklık değerlerinin alt ve üst limiti aştığı tespit edilmiştir. Bu durumda optimal olan yeni alt ve üst limitler belirlenmiştir. Her vardiyada hatlardaki rezistans sıcaklıkları kaydedilmiştir. Rezistanstaki set değerleri belirlenmiştir. Rezistans ve termokapılar yenilenmiştir. Takiben, üretim hatlarından yeniden ölçümler alınmış ve veri analizleri yapılmıştır. Süreç analizi ile iyileştirme öncesi ve sonrasında Minitab analizleri

uygulanmıştır. Buna ek olarak; minitab programında Anova, S&S matrisi, CTQ kalite gereksinimleri, müşterinin sesi gibi yöntemler de projede uygulanmıştır.

Analiz adımının temel hedefi, proses içindeki sorunun ana sebeplerini tespit etmek ve bunları elimine etmektir. Problemin analiz edilmesinde yararlanılacak istatistiki yöntemler çabuk ve güven duyulacak nitelikte olmalıdır. Neticede, bu analizler sonucunda iyileştirme yapılacak kısımlar netlik kazanmış, üretimde değişiklikler yapılmıştır. Operasyonlarda, teçhizat ya da materyalde yapılan değişikliklerin yardımıyla, ürünlerin daha az maliyetle, minimum hatada ve kaliteli imal edilmesi sağlanmıştır.

Aşağıda yöntem olarak kullanılan altı sigmanın ne olduğu ve istatistiki metotları detaylı olarak anlatılmaktadır.

Altı Sigma, hizmet sektöründen üretim sektörüne her çeşit prosesteki yanlışları asgari düzeye getirmeyi amaçlayan, disiplin ve sayısal verilerin ön planda olduğu bir metodolojidir. Altı sigma yaklaşımın en önemli amacı, firma bünyesinde Altı sigma geliştirme uygulama projeleri ile sapmaların düşürülmesine ve süreç geliştirmeye dikkatleri çeken ölçmeye dayalı bir alt yapı inşa etmektir. (Pyzdek, 2001)

Altı sigma, bir ürün ya da hizmet sağlayan bir proseste minimum yanlışa yaklaşmakta olan en ideal performans adımıdır. Global standartlarda bir performansa varılmasını ve bu seviyenin sürdürülebilirliğini sağlamaya çalışır. Aslında, Altı Sigma, bir metotlar bütünü ya da aracı değil, bir neticedir. (Wilson, 1999)

Altı sigma, süreçlere farklı bir bakış açısıyla bakan bir kalite iyileştirme programıdır. Süreç adımlarını analiz etme, hangi süreç öğelerinin ihtiyaç duyduğunu belirleme iyileştirme, iyileştirme için alternatifler geliştirme, daha sonra seçme ve birini uyguluyoruz. Çeşitli niteliksel ve niceliksel araçlara dayanır, adı verilen bir yöntemle verilerin ve istatistiksel analizlerin kullanımının vurgulanması DMAIC, beş aşamasının adlarının kısaltmasıdır (Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştirme ve Kontrol).

Altı Sigmada roller ve organizasyonel yapı da projede çok önemli bir yer tutmaktadır. Altı Sigma metodolojisinin başarılı olması, firmadaki her ekip üyesinin üstleneceği görevin çok iyi seçilmesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Altı sigma metotlarında tüm çalışanların aldığı eğitimlerinin cinsine ve yetki dereceleri baz alınarak, başka unvan, görev ve sorumluluk atanmaktadır. Altı sigmada roller, Altı Sigma yürütme kurultayı, sponsor (şampiyon), uzman siyah kuşaklılar, siyah kuşaklılar (takım liderleri), yeşil kuşaklılar (ekip personeli), ilgili operatörler, ustalar, kalite ekibi ve finans müdürü kişilerinden oluşmaktadır Altuğ (2010).

Altı Sigma projeleri genellikle aşağıdaki sebeplerle seçilir:

İster üretimde olsun, herhangi bir prosesin iyileştirilmesinde potansiyel tasarrufları, yönetim, mühendislik veya hizmetler. Altı Sigma projesi tipik olarak sürecin sınırlarını, girdilerini, çıktılarını müşteri gereksinimlerini belirtmek için bir diyagram kullanarak bir sürecin üst düzey tanımıyla başlar. Ölçme aşamasında, Bir süreç metriği seçilir ve mevcut performansı temellendirmek için kullanılır. Analiz aşamasında süreç genellikle bir süreç haritası ile analiz edilir. Hata modları ve etkileri analizi (FMEA) de bunlardan biridir.

Süreç haritası, her süreç adımını girdileriyle birlikte gösterilmekte, çıktılar sağlamakta ve genellikle bir FMEA veya niceliksel ölçüm için temel oluşturmaktadır. İstatistiksel analizler ile, iyileştirilecek alanlar belirlenmekte ve alternatifler oluşturulmakta ve değerlendirilmektedir. Bir iyileştirme seçeneği seçildiğinde ve uygulamaya konulduktan sonra proje kontrol aşamasına girmektedir. Bu aşamada bir kontrol planı yapılmaktadır. Kazanımların sağlanması amacıyla sürecin izlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla kurulmuştur.

Altı sigma yaklaşımın amaçları aşağıdaki şekilde açıklanabilmektedir:

- Süreçleri belirlemek, müşteri isteklerini açıkça ortaya koymak,
- Problemi veya uygun olmayan veya gelişime açık noktaları tanımlamak, geliştirmek
- Süreçlerin şeffaf ve kontrol altında olmasını sağlamak

- Veri analizlerine göre çıktı mekanizmaları oluşturmak
- Devamlı kazanç yükselten bir platform ortaya çıkarmak
- Organizasyonun çıktıları ile süreçlerin amaçlarını birbirleriyle uyumlaştırmak
- Müşteriye yönelik hareket etme yaklaşımı oluşturmak
- Evrensel olarak iletişim sağlamak
- Yeni fikirlere ve yaratıcılıklara olanak sağlamak
- Sürdürülebilirliği ve farkındalığı sağlamak

Proses geliştirmede DMAIC metodu aşağıdaki şekilde belirtilmektedir:

Tanımla: Bir fırsatı belirleyin ve bu fırsatı ele alacak bir proje tanımlayın.

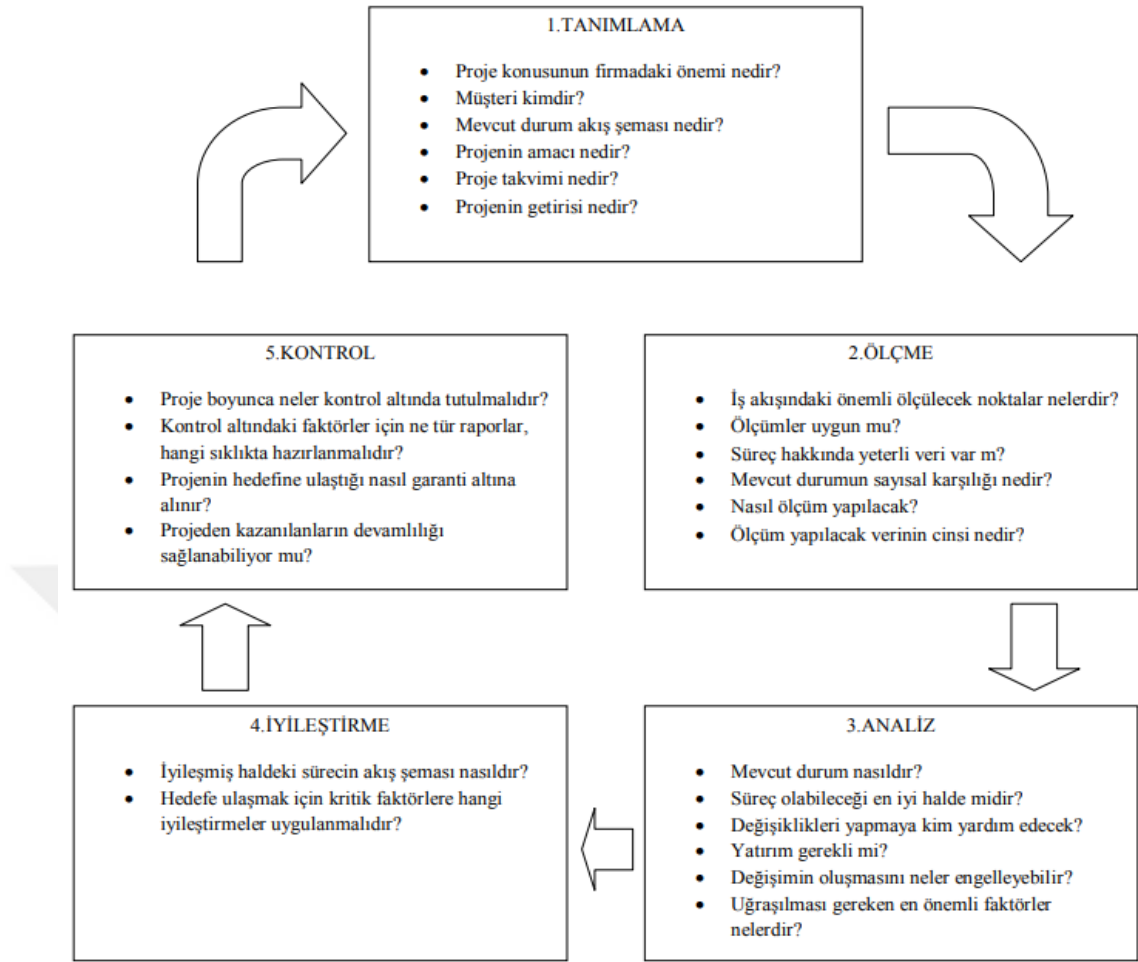
Ölçme: Mevcut süreci analiz edin ve istenen sonucu belirtin.

Analiz: Temel nedenleri ve önerilen çözümleri belirleyin.

İyileştirme: Çözümlere öncelik verin; Bir çözümü seçin, planlayın, doğrulayın ve uygulayın.

Kontrol: İlerlemeyi ölçmek ve kazanımları sürdürmek için bir plan geliştirin.

Bu modelde ölçüm ile geliştirme süreçleri özellikle vurgulanmış ve adım adım belirtilmiştir. Döngünün detayları Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.4 6 sigma proje akış şeması

Aşağıda Çizelge 3.1’de 6 sigma projesinin aşamaları detaylı olarak açıklanmıştır.

Çizelge 3.1 6 sigma proje aşamaları

1. Aşama	Tanımlama	Proje Beyanının Netleştirilmesi
		Müşteri Beklentisinin ve İşin Sesinin Algılanması
		Süreç Şemasının Oluşturulması
		Önemli Çıktı ve Girdilerin Belirlenmesi
2. Aşama	Ölçme	Veri Toplamada Planın Hazırlanması
		Ölçüm Sistemi Analizlerinin Yapılması
		Grafiksel Analizler (Minitab kullanılarak)
		Yeterlilik Analizlerinin Yapılması
3. Aşama	Analiz	1-Çoklu Değişken Analizi
		Muhtemel Sebeplerin Bulunması
		Muhtemel Sebeplerin Hipotez Testleri İle Doğrulanması
		2-Detaylı Proses Analizi

Çizelge 3.1 6 sigma proje aşamaları (devam)

		Katma Değersiz Adımların Bulunması
		Hızlı İyileştirmelerin Planlanması ve Yapılması
		Sonuçların Hipotez Testleri ile Doğrulanması
4. Aşama	İyileştirme	1-Değişkenlik Problemleri İçin
		-Deney Tasarım ve Regresyon Analizi ile Modellerin Yakalanması
		-Çözüm Önerileri Oluşturulması ve Çözümün Seçilmesi
		-Pilot Deneme ve İyileştirme Planının Yapılması
		2-Çevrim Zamanı ve Tedarik Süreleri Problemleri İçin
		-Çekme Sistemleri ile Modellerin Belirlenmesi
		-Geçişin Planlanması
		-Pilot Deneme ve İyileştirme Planının Yapılması
5. Aşama	Kontrol	Önce-Sonra Analizi ile İyileştirmenin İspatlanması
		Dokümantasyon ve Standardizasyon
		Sürecin Kontrolü ve Projenin İzlenmeye Alınması
		Projenin Kapatılması ve Raporlanması
		Projenin Sunumu ve Ekibe Teşekkür

Projeler, siyah kuşak olarak tabir edilen altı sigma proje yöneticisi liderliğinde geliştirme ekipleri görevlendirilerek problem çözme metodlarının sistemli olarak kullanılmasıyla amacına ulaşmaktadır (Akın, 1996).

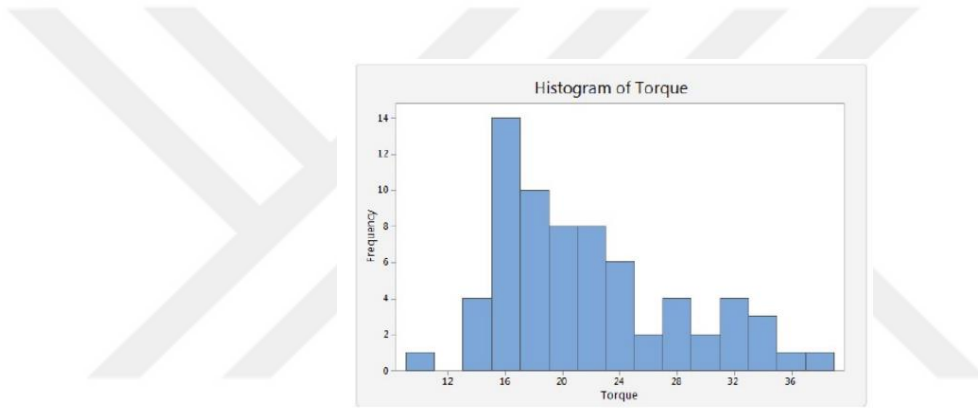
Pande ve Holpp (2002), Altı Sigma güzergahı beş maddede aşağıdaki şekilde listelemiştir:

- Ana iş akışının ve en önemli müşterinin tespit edilmesi
- Alıcı isterlerinin doğru belirlenmesi
- Olan performansların ölçülebilmesi
- Geliştirmelerin önceliklendirilmesi
- Altı sigma fikrinin ve inancının tüm çalışanlara entegre edilmesi, tüm projeye adapte edilmesi ve analizlerle doğrulanması, sürdürülebilirliğinin sağlanması

Bu çalışmada Minitab programının 18 numaralı versiyonu kullanılmıştır. Analiz metodlarından, Pareto analizi, I Chart, box plot, one way anova, varyans testi ve balık kılıcı diyagramı kullanılmıştır. Minitab programı, problemle veya geliştirme, iyileştirme yapılacak hususla ilgili varyasyonların ve standart sapmanın değerlendirilmesini,

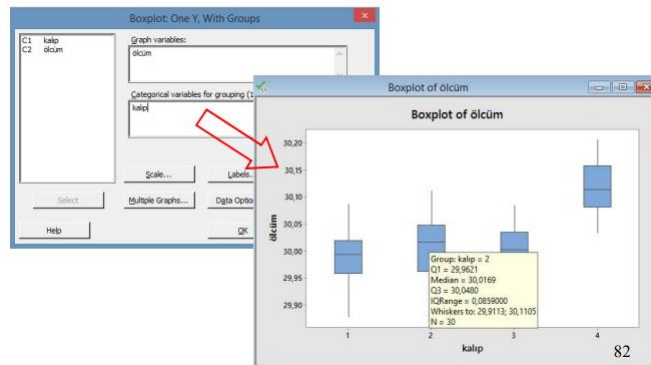
verilerin prosesteki dağılımını (Cp, Cpk değerleri), proses kabiliyetini, belirlenmiş hedeften sapmayı, sebep-sonuç matrislerini, korelasyon, regresyon ve bunun gibi proses ve gerçekleşmiş ya da gerçekleşmemiş verileri alt yapısındaki modüllerle analiz etmekte ve mantıklı bir proses yaklaşımında bulunulmasına fayda sağlamaktadır. Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te görüldüğü üzere, minitab programında, bu çalışmada kullanılan histogram, box plot ve pareto diyagramı konuları açıklanmaktadır.

Histogram: Verilerin şekil ve dağılım analizinde kullanılan histogramlar örneklem verilerini gruplandırmada kullanılır ve her bir gruptaki verilerin frekansını çubukla gösterir.



Şekil 3.5 Minitab programında histogram örneği

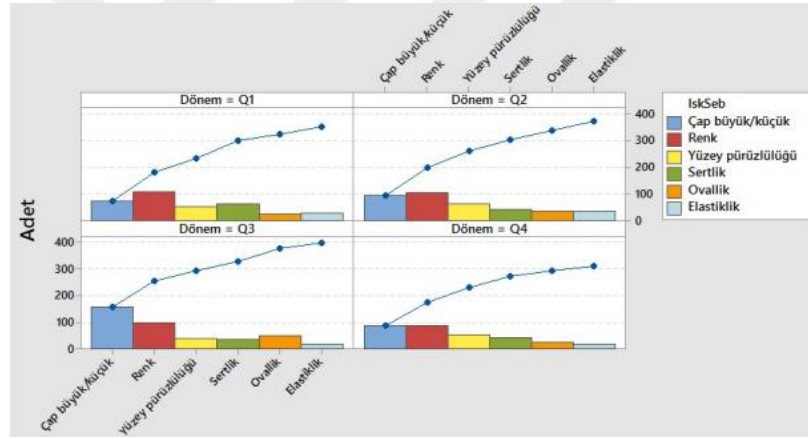
Boxplot: Veri analizinde yaygın olarak kullanılan bir Minitab modülüdür. Ölçümdeki standart sapmaları görmemizi sağlar.



Şekil 3.6 Minitab programında Boxplot ekranı

Pareto Diyagramı: Pareto analizi; fazla sayıda neden arasından kritik olanları, daha az kritik olan nedenlerden ayırmak için kullanılan bir tekniktir (Larson, 2003). Böylece geliştirme yapılması ve yoğunlaştırılması gerekli kısmı tespit edilmesine fayda sağlamaktadır. Özellikle ekip çalışmasında 0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 0-30 31-60 61-90 91-120 121-150 151-180 181-210 211-240 Oluşum Sayısı Zaman (Dakika) 18 kullanılan bu analiz şirketler tarafından çokça kullanılan bir metottur (Pyzdek, 2003).

Pareto diyagramı; bir sorunu oluşturan nedenlerin ne olduğunu ve önem seviyelerini belirlemek amacıyla kullanılır. Kalite kontrol aşamasında, yükselen tekrarlı hatalı üretimin ya da müşteri şikayetlerinin ardındaki nedenlerin önem ve kritiklik seviyeleri bakımından sıralanmasında kullanılabilir.



Şekil 3.7 Pareto diyagramı örneği

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 PE Film Hattı Film Kopmaları Kaynaklı Duruş Sürelerinin Azaltılması Vaka Analizi

Tarımsal gübre taşınmasında kullanılan dokuma plastik torba üreten örnek bir firmanın PE Film ünitesinde kopma frekansının kronik olarak artması ve buna bağlı olarak kopmalar arası metrenin azalması, hurda ürünlerin artarak mali zararın üst seviyeye ulaşması sebepleriyle bu projenin altı sigma metotları kapsamında ele alınmasına karar verilmiştir. Amaç, çıktılardaki değişkenliği ve sapmaları azaltmak, PE film kopmalarını asgari düzeye indirmek, yeniden aynı kalitede optimum sürede uygun torba üretilirliğini sağlamaktır.

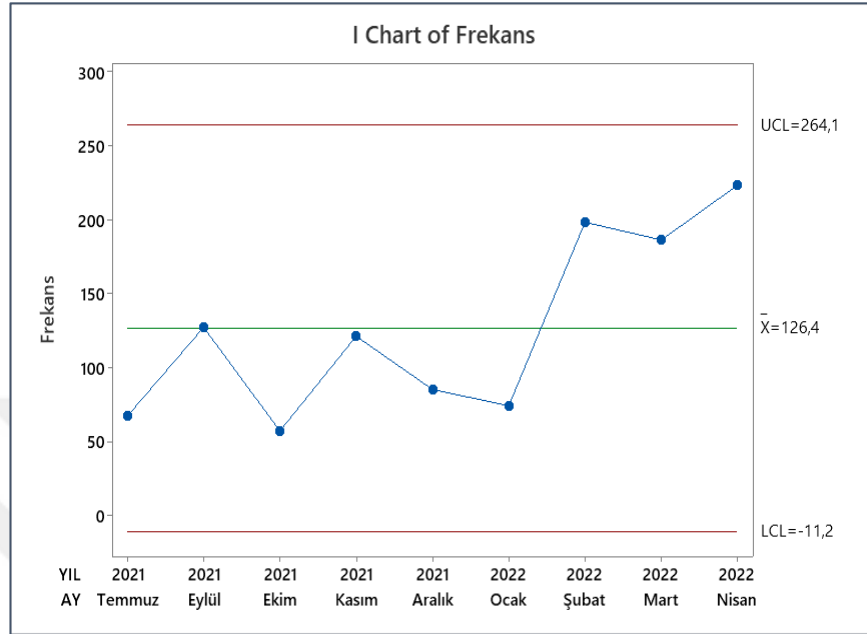
4.2 Proje Beyanı

Aşağıdaki Çizelge projenin çerçevesi açıklanmaktadır.

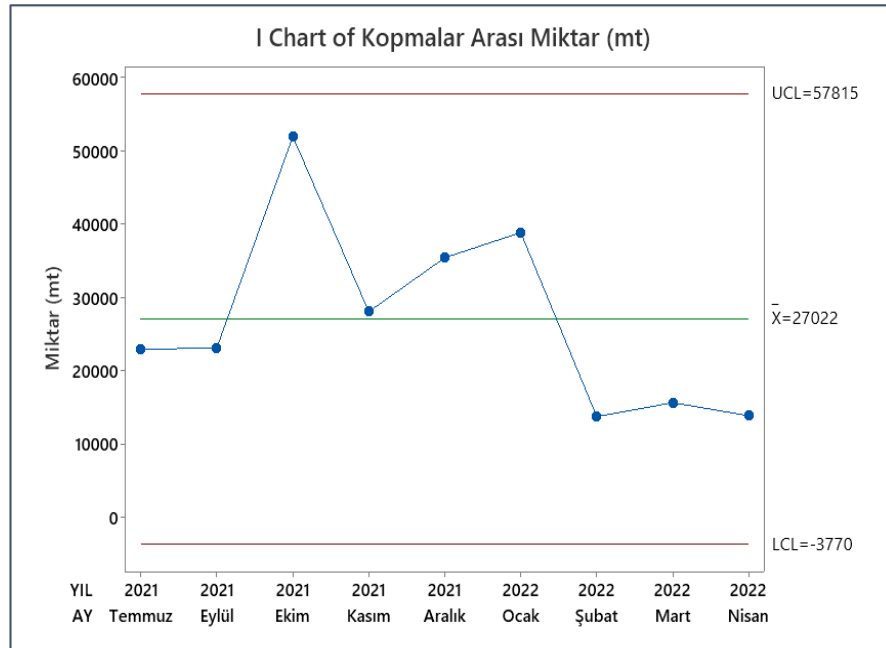
Çizelge 4.1 Projenin çerçevesi

Proje Tanımı (Ne?)	Kazanımlar (Nasıl?)
PE film hattı film kopmaları kaynaklı duruş sürelerinin azaltılması.	PE Film hattı film kopmaları kaynaklı duruş sürelerinin azaltılarak tasarruf sağlanması Telef miktarının azaltılması ile mali yönden tasarruf elde edilmesi.
Hedefler (Ne kadar?)	Proje Sınırları (Nerede?)
Üretim Kaybı: 0,004'den 0,001'e düşürülmesi PE Film Kopmalar Arası Miktar (mt): 27.000 mt'den 85.000 mt'ye çıkarılması	Kapsam : PE Film Ünitesi Kapsam Dışı: Diğer prosesler
Zaman Planı (Ne zaman?)	Ekip Üyeleri (Kim?)
02.05.2023- 25.12.2023	Şampiyon: Burcu ER (6 Sigma Kara kuşak) Lider : Burcu ER, Süreç Sahibi: Burcu ER, Firma Kalite Mühendisi, Kalite Müdürü, Üretim Mühendisi, Üretim Müdürü Üyeler : Burcu ER, Firma Kalite Mühendisi, Kalite Müdürü, Üretim Mühendisi, Üretim Müdürü, Torba Üretim Operatörü, Torba Kalite Kontrol Sorumlusu

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de PE filmlerin güncel durumda (iyileştirme öncesinde) ay bazında kopma frekanslarının değişimi görülmektedir.



Şekil 4.1 Aylar bazında kopma frekansı değişimi



Şekil 4.2 Aylar bazında kopmalar arası miktarın değişimi

Şekil 4.2 ‘de ay bazında iyileştirme öncesinde kopmalar arasındaki miktarların değişimleri görülmektedir. Değişimlerde sapmaların oldukça fazla olduğu, stabilitenin olmadığı tespit edilmiştir.

4.3 Finansal Analiz

Çizelge 4.2 Proje hedefi ve kazanç tablosu

Proje Hedefi	Kazanç Tablosu		
PE Film Kopmalar Arası Miktar (mt): 27.000 mt'den 85.000 mt'ye çıkartılması	Sabit Endirekt Malz.	Kopma Başına Kapasite Kaybı Maliyeti (TL/dk)	1,03
	Sabit Sigortalar		
	Sabit Personel Diğer		
	Sabit İşçilik		
	Sabit Elektrik		
	Sabit Diğer		
	Sabit Bakım-Onarım		
	Sabit Yakıt		
	Mevcut Aylık Ortalama Duruş Süresi(saat)		42,6
	Hedef Aylık Ortalama Duruş Süresi(saat)		15,0
Üretim kaybının 0,004'den 0,001'e düşürülmesi	Aylık Kazanım (saat)		27,6
	Yıllık Kazanım (dk)		19.872
	Yıllık Üretim Kazancı (TL)		20.468
	Kopmadan Sonra Yeniden Isıtma İçin Tüketilen Enerji (kw/h)		30
	Kopma Kazancında Elde Edilen Enerji Kazanımı (TL)		3.544
	Toplam Maliyet Kazancı (TL)		24.012
	I Hat için günlük kapasite (mt)		50.000
	Aylık toplam üretim kapasitesi		3.900.000
	Mevcut Üretim Kaybı		0,004
	Hedef Üretim Kaybı		0,001
Üretim Kazancı	Mevcut Aylık Telef Miktarı (mt)		14.218
	Hedef Aylık Telef Miktarı (mt)		3.900
	Aylık Telef Kazanım Miktarı (mt)		10.318
	Hamadde hariç birim üretim maliyeti (TL/mt)		0,113
	Yıllık Telef Kazancı (TL)		13.938
	TOPLAM PARASAL KAZANÇ (TL)		37.950
Üretim Kazancı	Saatlik Üretim Kapasitesi (mt)		2083
	Dakikada Üretim Kapasitesi (mt)		34,7
	Yıllık Toplam Üretim Kazancı (mt)		690.000

Yukarıdaki tabloya göre, PE film kopmaları nedeniyle PE Film hattında toplam 37.950 TL maliyet tasarrufu elde edilmesinin yanı sıra, ayda 27,6 saat kazanım ile yıllık toplam 690.000 mt daha fazla üretim yapılabilmesi sağlanması hedeflenmektedir.

4.4 VOC (Müşterinin Sesi, Voice of Client)

Çizelge 4.3'te, PE film kopmalarının nedenleri müşteri gözünden incelenmektedir. Müşterinin talepleri, beklentileri ve ihtiyaçları dikkate alınarak, kronik problem olan plastik torba üretimindeki PE film kopma nedenleri araştırılmaktadır.

Çizelge 4.3 PE film kopma nedenleri

Sorular	Cevaplar
PE film ünitesinde film kopmalarına neden olan faktörler nelerdir?	Rulo sarım şanzıman devri ile çekim motoru devri arasındaki farklılıklardan dolayı pe filmde gerilmelere bağlı olarak kopmalar meydana gelmektedir. Voltaj düşüşleri ve enerji dalgalanmaları nedeniyle motora elektrik beslemesi yapan kontaktör devre dışı kalarak makinede anlık duruşa neden oluyor ve film kopması meydana geliyor.
PE film ünitesinde film kopmalarına neden olan faktörler nelerdir?	Hem pe film kafa kısmı içinde biriken pisliklerden hem de hammaddenin içerisinde bulunan yabancı maddelerden dolayı pe film makinasının kafa kısmında kirlilikler meydana gelebiliyor. Burgu iyi temizlenmediğinde burğu içindeki filmi delerek film kopmasına neden olabiliyor. Rezistans yardımıyla eriyik hale getirilen hammadde bazen soğutucu tarafından istenilen kadar soğutulamıyor. Soğumayan filmde yırtılma meydana gelerek kopmalara neden olabiliyor. Silindire saran film kopmaya neden olabiliyor.
PE film kopması üretim ve duruşları nasıl etkiliyor?	Film koptuktan sonra operatör tarafından tekrar makinenin çalışır hale getirilmesi 5-10 dk. arası sürebiliyor. Bazı rulolarda 3-4 defa bu durum yaşanabiliyor. Bu da duruş sürelerini ve üretim miktarını olumsuz yönde etkiliyor. PE kesme ünitesine gelen eki yapılmamış rulonun da ekinin yapılması için ilgili üniteye 5 dakikalık bir birleştirme prosesi gerçekleştiriliyor.

4.5 CTQ Ağacı

CTQ (Critical to Quality Tree) ifadesi, kritik kalite karakteristikleri ağacı anlamına gelmektedir. CTQ ağacı, diyagramlara dayanan ve müşterilere üstün kaliteli ürünler üretmeye/sunmaya yardımcı olan 6 sigma aracıdır (Anonim, 2023). CTQ ağaçları, daha

geniş müşteri gereksinimlerini belirli, kesin, hesaplanabilir performans taleplerine göre yorumlamak için kullanılır.

Yeni ürünler formüle ederken kalite sadece müşteri memnuniyeti için değil aynı zamanda rakiplerinizden ayrılmak için en önemli faktördür. CTQ ağaçları, kaliteyi müşterinin bakış açısından tanımladıkları için bu konuda çok faydalıdır.

En mükemmel yaklaşım, her tekil ihtiyaç için bir CTQ ağacı tasarlamaktır, çünkü müşteri memnuniyetini sağlamak adına üstün kaliteli bir ürün sunmak için gerekli olan talep ve gereksinimlerin eksiksiz bir listesini verir.

4.5.1 CTQ ağacının bileşenleri

CTQ ağacı aşağıdaki üç ana bileşenden oluşur.

1.İhtiyaç: Müşteri gereksinimlerini vurgular ve CTQ ağacının kökenidir. Örneğin, bir fast food restoranı için müşterinin ihtiyacı fast food'tır.

2.Faktörler: Faktörler, bir müşterinin ürün kalitesini değerlendirdiği parametrelerdir.

3.Gereksinimler: Bunlar, müşterileri memnun etmek için faktörler tarafından karşılanması gereken hesaplanabilir performans özellikleridir. Kalite ekiplerinin bir ürün ve hizmetin kalitesini ölçmesine ve müşterinin taleplerini karşıladığından emin olmasına yardımcı olur.

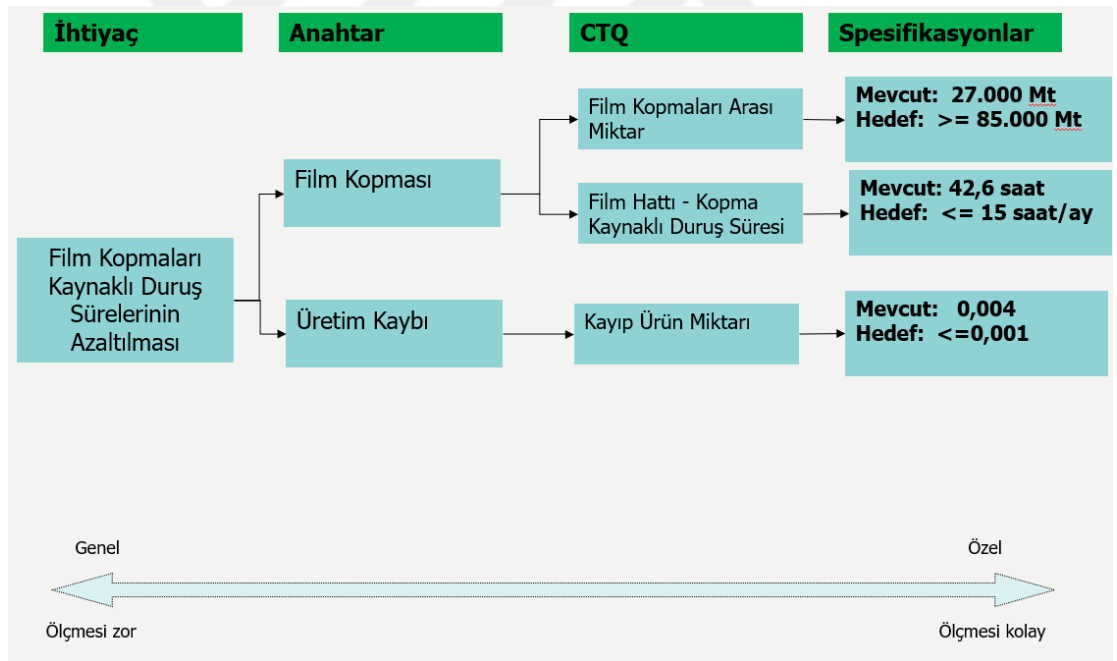
Etkili ve verimli bir CTQ ağacı yapmak için yukarıdaki tüm bileşenleri mükemmel bir şekilde tanımlamak gerekir.

4.5.2 CTQ ağacı geliştirme adımları

Kalite ağacını etkin bir Kritik yapmak için gerekli bazı önemli ve gerekli adımlar vardır. Bunlar:

- Müşterinin sesini algılamak
- Müşteri talep özelliklerini tanımak, anlamak
- Şartnamelere öncelik vermek
- Müşteri taleplerini CTQ'ya dönüştürmek

Şekil 4.3'te dokuma plastik torba üreten firmanın CTQ ağacı detaylı şekilde açıklanmıştır.



Şekil 4.3 CTQ ağacı

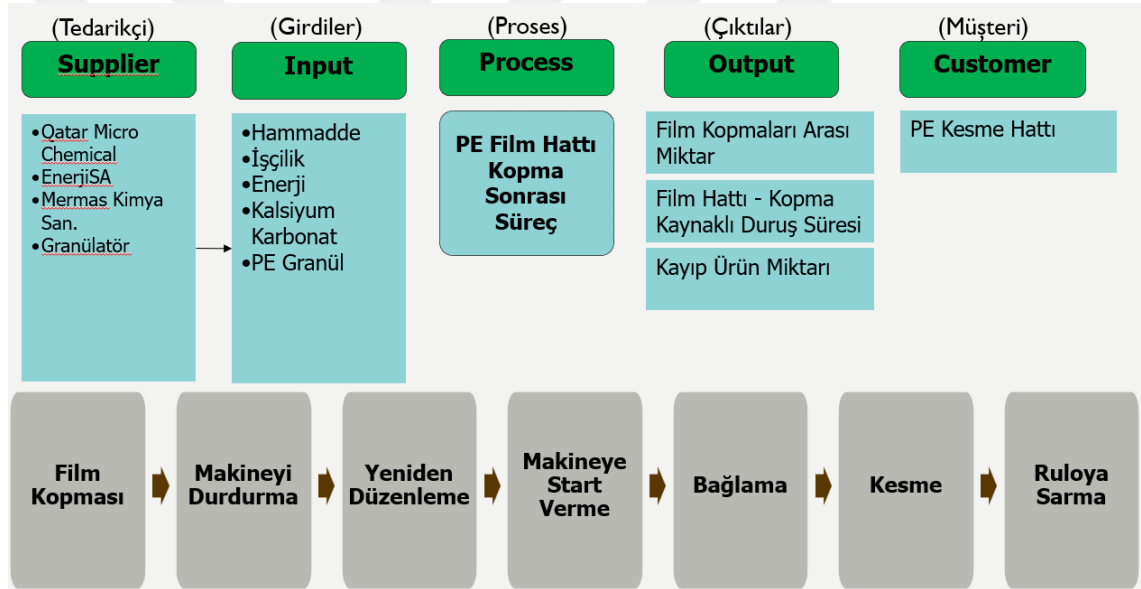
4.6 SIPOC (Süreç Şeması)

SIPOC; Tedarikçi, Girdi, Proses, Çıktı ve Müşteri kelimelerinin İngilizce hallerinin (Supplier, Input, Process, Output, Customer) baş harflerinden oluşmuş olup Toplam

Kalite Yönetimi ve 6 sigma Projelerinde faydalanılan etkin yöntemlerden bir tanesidir. Süreç, girdi veya girdi çeşitlerini kullanan ve bu girdileri müşteri için fayda sağlayacak çıktılara dönüştüren bir dizi adım veya faaliyettir.

Sipoc diyagramı, bir prosesin girdi ve tedarikçilerini, sürecin kendisini, çıktılarını ve müşterilerinin değişmez unsurlarının şema ile gösterildiği bir süreç iyileştirme metotlarının bütünüdür. Bu analitik gösterimin, sürecin daha doğru kavranmasına ve sürecin geliştirilmesi için gereken hususların tespit edilmesine katkısı oldukça fazladır.

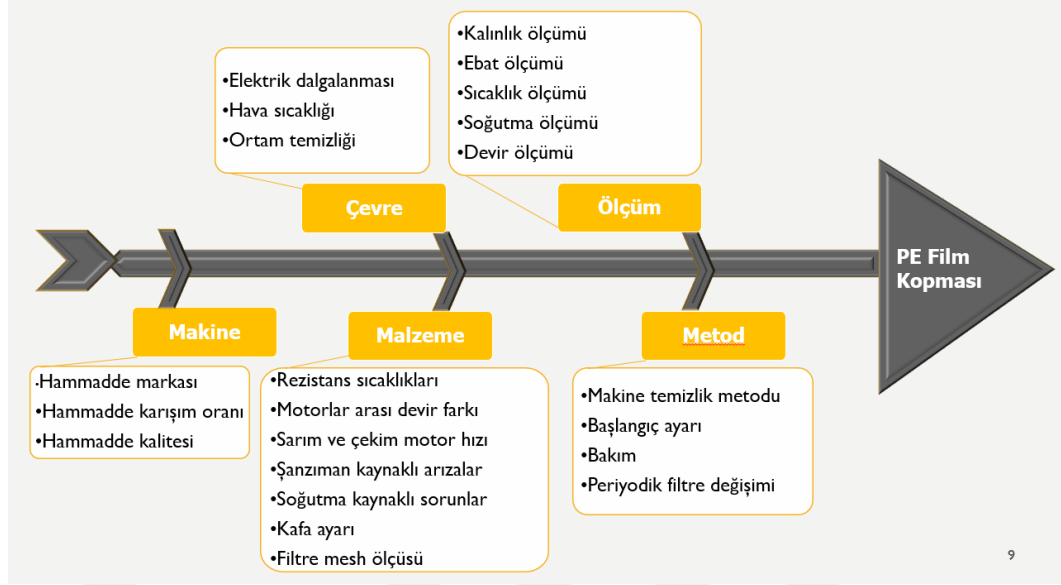
Şekil 4.4'te firmanın SIPOC diyagramı detaylı şekilde açıklanmıştır.



Şekil 4.4 Ürün yaşamı

4.7 Projenin Balık Kılçığı Diyagramı

Aşağıdaki şekil 4.5'te bulunan balık kılçığı diyagramında PE film kopmasının muhtemel kök nedenleri olan unsurlar, makine, çevre, malzeme, ölçüm ve metot ana başlıkları altında toplanmaktadır ve olası alt nedenleri ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Projenin balık kılçığı diyagramı

4.8 S&S Matrisi

Çizelge 4.4'te sebep sonuç matrisi , film kopma sayısı, kopma kaynaklı duruş süresi, kayıp ürün miktarı gibi parametrelerin süreç faktörü ve girdilere göre sebep sonuç matrisi ve müşteri için önem dereceleri verilmektedir. Pareto analizi yapıldığında, soğutma kaynaklı sorunlar, şanzıman kaynaklı arızalar, elektrik dalgalanmaları, rezistans sıcaklıkları ve motorlar arası devir farkları en önemli girdiler olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çizelge 4.4 Neden sonuç matrisi ve önceliklendirme

Müşteri için önem derecesi			8	9	7	10	TOPLAM	Pareto
ÇIKTILAR			Film Kopma Sayısı	Kopma Kaynaklı Duruş Süresi	OEE Değeri	Kayıp Ürün Miktarı		
Süreç Faktörü	GİRDİLER							
8	Makine	•Soğutma kaynaklı sorunlar	9	9	9	9	306	7%
7	Makine	•Şanzıman kaynaklı arızalar	5	9	9	9	274	13%
17	Çevre	•Elektrik dalgalanması	9	5	5	9	242	19%
4	Makine	•Rezistans sıcaklıkları	9	9	5	5	238	25%
5	Makine	•Motorlar arası devir farkı	9	9	5	5	238	30%
6	Makine	•Sarım ve çekim motor hızı	9	9	5	5	238	36%
15	Metod	•Bakım	5	5	9	9	238	41%
22	Ölçüm	•Sıcaklık ölçümü	9	9	5	5	238	47%
23	Ölçüm	•Soğutma ölçümü	9	9	5	5	238	52%
24	Ölçüm	•Devir ölçümü	9	9	5	5	238	58%
14	Metod	•Başlangıç ayarı	5	9	5	5	206	63%
16	Metod	•Periyodik filtre değişimi	9	5	5	5	202	67%
9	Makine	•Kafa ayarı	5	5	9	5	198	72%
10	Malzeme	•Hammadde markası	3	5	5	5	154	76%
13	Metod	•Makine temizlik metodu	3	5	5	5	154	79%
12	Malzeme	•Hammadde kalitesi	5	3	5	5	152	83%
20	Ölçüm	•Kalınlık ölçümü	3	5	5	3	134	86%
21	Ölçüm	•Ebat ölçümü	3	5	5	3	134	89%
18	Çevre	•Hava sıcaklığı	3	5	3	3	120	92%
11	Malzeme	•Hammadde karışım oranı	3	3	3	3	102	94%
2	İnsan	•Tecrübe	3	1	3	3	84	96%
3	İnsan	•Yetkinlik	3	3	1	1	68	98%
19	Çevre	•Ortam temizliği	1	1	3	3	68	99%
1	İnsan	•Eğitim	1	1	1	1	34	100%
Çıktılar için Toplam			0	0	0	0	4298	

4.9 Veri Toplama

Çizelge 4.5'te girdiler ve çıktıların neler olduğu ve nasıl ölçülüp takip edileceği detaylandırılmaktadır. Süreç girdileri olarak, soğutma sıcaklığı, sarım motor devri, rezistans sıcaklıkları ve kopma sayısı verileri veri takip formları vasıtasıyla kayıt altına alınmıştır. Süreç çıktıları, verimlilik, üretim kaybı, enerji maliyeti ve film kopmaları arası miktar verileri aylık raporlar kullanılarak ölçülmüş ve hesaplanmıştır.

Çizelge 4.5 Girdi ve çıktıların ölçüm kaydı

GİRDİLER	Ölçüm Yöntemi
Soğutma Sıcaklığı	Veri takip formu
Sarım Motor Devri	Veri takip formu
Rezistans Sıcaklıkları	Veri takip formu
Kopma Sayısı	Veri takip formu

Çizelge 4.5 Girdi ve çıktıların ölçüm kaydı (devam)

ÇIKTILAR	Ölçüm Yöntemi
Verimlilik	Aylık Raporlardan
Üretim Kaybı	Aylık Raporlardan
Enerji Maliyeti	Aylık Raporlardan
Film Kopmalar Arası Miktar	Aylık Raporlardan

4.10 Ölçüm Planı

Ölçümler çizelge 4.6'ya uygun olarak üretimdeki makine operatörleri yardımıyla alınmıştır. Her vardiyada 4 saatte bir, 3 vardiya olacak şekilde günde toplam 18 ölçüm alınmıştır.

Çizelge 4.6 Vardiya başına ölçüm planı

Her vardiya 2 ölçüm alacak şekilde 4 saatte bir günde toplam 18 ölçüm alınacak			
Ölçüm saatleri			
1. vard	08:00		10:00
	10:00	1. ölçüm	14:00
	12:00		18:00
	14:00	2. ölçüm	22:00
2. vard	16:00		02:00
	18:00	3. ölçüm	06:00
	20:00		
	22:00	4. ölçüm	
3. vard	00:00		
	02:00	5. ölçüm	
	04:00		
	06:00	6. ölçüm	

Ölçülen Rezistans Sıcaklıkları

Şekil 4.6'da ölçümü yapılan rezistansların sıcaklıkları örnek olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Ölçülen rezistans sıcaklıkları

Veri toplama: Firmada her gün PE film hatlarında veri takip formu tutulmaktadır. Fakat ilgili tarihler arasında veri toplamak üzere bu form detaylandırılmıştır. Kopmaların en çok yaşandığı zaman dilimi olan 03.10.2022-24.10.2022 tarihleri arasındaki veriler hesaba katılarak örnekleme yapılmış ve analiz edilmiştir.

PE film üretim hattında bulunan, resimlerde Z1, Z2, Z3, Z4, D1, D2, D3 numara ile ifade edilen 7 adet rezistanstaki sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Buna ek olarak, makinedeki soğutma sıcaklığı ve sarım motor devirleri m/dk cinsinden stroboskop cihazı ile ölçülmüştür.

Çizelge 4.7 PE film hattı veri takip formları

FORM 1 Periyodik olarak doldurulacaktır 7 rezistans ortalaması													
PE FİLM HATTI VERİ TAKİP FORMU 1													
Tarih	Hat N	Operatör	Vardiye	Saat	Z1	Z2	Z3	Z4	D1	D2	D3	Sıvıya Sıcaklığı	Sarm Motor Devri (m/dk)
3.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	162,1	147,4	150,1	159,3	162,3	164,6	165,2	29,6	30,0
3.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	158,4	157,1	156,6	153,8	161,4	162,4	157,2	32,1	26,0
3.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	166,9	156,4	160,0	159,9	162,1	162,0	164,4	38,7	30,0
3.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	163,3	153,2	151,4	158,0	165,4	159,8	166,0	28,7	25,0
3.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	164,6	160,6	159,2	154,8	165,1	159,0	164,0	31,2	30,0
3.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	146,9	156,2	152,2	146,7	154,4	160,9	150,1	35,4	30,0
3.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	147,9	161,9	147,4	146,7	154,0	160,2	150,9	34,6	30,0
3.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	156,2	160,4	159,6	155,0	164,0	164,3	158,5	35,0	30,0
3.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	147,0	160,4	157,7	151,1	155,0	159,1	150,8	28,7	30,0
3.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	160,6	145,3	144,4	146,3	165,4	162,4	156,1	30,9	30,0
3.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	152,9	159,0	159,2	155,9	166,4	157,6	161,6	34,4	30,0
3.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	161,0	162,3	153,7	152,6	159,1	163,7	154,9	39,0	30,0
3.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	20:18	163,4	148,3	146,7	165,6	157,1	160,8	165,4	29,2	29,0
5.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	148,1	159,3	154,3	150,6	153,1	159,9	150,0	32,8	30,0
5.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	163,0	163,9	164,7	158,7	158,4	160,0	162,0	31,3	30,0
5.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	143,8	159,4	160,0	147,6	154,0	160,2	150,2	37,2	30,0
5.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	165,2	166,0	166,2	160,7	158,3	159,1	161,5	30,0	30,0
5.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	159,7	146,6	144,2	145,3	158,3	172,7	154,7	34,3	30,0
5.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	164,0	153,9	151,4	159,1	160,5	161,9	163,7	32,7	30,0
5.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	144,6	162,1	150,3	148,6	153,0	160,2	150,3	35,5	30,0
5.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	159,3	144,2	143,4	147,7	156,4	169,7	154,6	29,8	30,0
5.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	163,0	156,9	158,6	158,4	168,6	159,3	162,2	31,7	30,0
5.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	148,1	159,7	151,2	154,9	152,5	160,7	150,8	28,7	30,0
5.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	146,0	160,5	156,0	159,3	152,8	161,5	150,3	33,0	30,0
5.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	161,0	157,3	158,8	159,8	169,0	169,3	151,6	29,7	30,0
6.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	145,4	159,3	154,0	148,2	151,4	157,9	150,9	30,9	30,0
6.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	161,0	162,3	165,4	160,2	167,5	158,2	160,7	30,9	30,0
6.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	160,3	158,4	159,4	158,5	163,3	159,0	158,4	29,7	29,0
6.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	159,6	158,1	164,1	161,6	152,9	168,6	145,5	32,2	29,0
6.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	166,5	161,2	163,2	159,3	161,5	165,8	168,1	30,5	30,0
6.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	147,9	170,2	146,9	147,3	152,8	159,4	149,9	33,3	30,0
6.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	20:25	162,2	193,2	168,4	161,3	156,3	167,2	140,7	28,5	29,0
7.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	157,0	159,6	165,2	158,6	150,6	167,1	145,4	28,6	30,0
7.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	166,4	160,6	162,4	160,0	154,7	164,4	165,8	30,5	30,0
7.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	147,6	172,4	150,9	148,7	151,6	159,3	149,9	34,8	30,0
7.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	155,8	150,6	152,1	168,5	149,3	165,4	142,4	31,7	30,0
7.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	160,8	153,7	167,7	150,8	162,4	155,0	157,3	31,3	29,0
7.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	147,5	172,8	148,5	148,3	151,0	159,2	150,8	35,6	30,0
7.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	156,0	151,2	147,2	167,6	153,0	167,9	141,1	30,3	29,0
7.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	160,2	152,1	167,9	151,9	152,0	156,1	156,8	31,2	29,0
7.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	146,2	171,0	149,7	147,0	151,8	159,2	149,9	35,8	30,0
7.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	155,0	150,6	147,3	166,9	150,2	168,0	145,6	28,4	29,0
7.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	160,1	162,3	168,6	151,4	162,4	154,9	157,2	31,3	30,0
7.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	143,4	172,4	152,0	149,8	151,9	159,7	150,7	35,7	30,0
7.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	154,0	149,3	150,7	166,3	149,4	166,4	141,6	32,4	29,0
7.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	160,2	156,3	166,3	149,9	162,3	154,8	156,7	36,0	30,0
7.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	146,9	173,3	157,9	146,9	152,1	159,9	150,7	35,6	30,0
7.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	154,5	149,5	147,5	166,0	149,9	167,8	145,1	30,6	29,0
7.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	159,0	150,7	165,5	150,8	162,7	156,3	156,9	32,8	30,0
7.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	146,3	173,9	157,7	148,8	152,4	160,4	150,6	34,8	30,0
8.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	155,1	149,3	147,5	166,3	153,1	165,0	144,9	30,3	30,0
8.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	159,5	159,6	167,8	152,1	159,6	153,0	154,2	30,2	30,0
8.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	146,6	173,4	157,7	149,4	150,7	159,1	150,1	29,2	30,0
8.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	155,4	149,6	146,6	166,7	153,7	167,8	143,8	26,7	30,0
8.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	160,2	153,4	166,5	151,6	160,9	154,4	155,8	30,7	30,0
8.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	144,3	165,3	157,7	147,0	151,1	159,6	151,0	35,3	30,0
8.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	156,0	150,9	147,6	166,9	154,8	166,6	142,4	29,4	30,0
8.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	160,6	153,4	167,3	151,7	161,6	155,3	156,8	30,9	29,0
8.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	143,0	173,4	157,2	147,9	151,2	158,7	150,5	35,4	30,0
8.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	154,6	149,0	145,3	164,9	149,5	166,2	143,1	26,9	30,0

Her vardiya 2 ölçüm olacak şekilde 4 saatte bir g toplam 18 ölçüm alınacak			
Ölçüm			
1. vard	08:00		
	10:00 1. ölçüm	3 tezgah	
	12:00		
2. vard	14:00 2. ölçüm	3 tezgah	
	16:00		
	18:00 3. ölçüm	3 tezgah	
3. vard	20:00		
	22:00 4. ölçüm	3 tezgah	
	00:00		
3. vard	02:00 5. ölçüm	3 tezgah	
	04:00		
	06:00 6. ölçüm	3 tezgah	

Çizelge 4.7 PE film hattı veri takip formları (devam)

8.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	154,6	149,0	145,3	164,9	149,5	166,2	143,1	26,9	30,0
8.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	159,6	153,3	168,1	152,3	161,9	154,7	157,2	27,7	29,0
8.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	144,7	173,2	159,0	146,5	151,4	159,2	150,8	32,9	30,0
8.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	161,5	161,5	147,8	149,1	152,7	167,5	141,3	24,0	30,0
8.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	159,0	149,8	162,1	150,4	160,1	154,3	155,3	26,2	30,0
8.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	146,8	171,5	158,0	149,4	149,1	158,2	149,9	30,9	30,0
8.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	00:57	162,6	173,6	149,3	155,4	163,9	150,2	158,2	28,3	30,0
10.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	155,4	150,4	146,4	164,5	153,8	162,1	149,5	28,7	29,0
10.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	157,2	150,9	162,5	149,3	156,9	154,6	153,8	29,7	30,0
10.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	147,9	166,9	149,4	152,9	153,1	160,1	151,0	34,6	29,0
10.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	154,2	149,4	147,9	164,6	148,1	163,6	150,3	32,2	29,0
10.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	159,6	151,0	163,2	151,1	158,4	152,8	155,1	33,4	30,0
10.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	146,4	173,3	157,2	152,5	152,9	159,9	151,2	34,8	30,0
10.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	162,7	149,0	147,5	144,0	154,3	163,5	160,4	28,5	30,0
10.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	150,9	159,7	166,2	157,6	158,8	155,2	156,4	31,6	30,0
10.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	154,2	161,3	151,7	153,3	157,9	163,4	155,3	35,7	30,0
10.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	13:12	149,5	150,7	158,3	151,3	156,5	149,8	149,6	27,8	30,0
11.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	156,3	150,8	146,4	166,9	148,6	172,9	149,4	30,0	30,0
11.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	157,5	150,4	162,9	150,8	158,5	162,5	152,8	30,8	30,0
11.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	147,0	170,9	157,1	148,3	154,1	161,0	150,3	35,7	29,0
11.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	154,2	149,7	146,5	164,0	153,3	160,5	149,4	28,5	30,0
11.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	159,3	152,1	162,1	149,6	158,7	159,6	152,9	28,4	30,0
11.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	143,4	173,9	158,6	146,9	153,7	160,6	151,3	33,3	30,0
11.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	163,0	156,9	146,9	160,9	152,2	163,1	149,7	29,9	30,0
11.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	158,0	149,8	164,4	166,8	151,8	165,3	153,8	30,0	30,0
11.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	147,5	172,3	159,0	149,2	153,8	161,5	150,4	36,1	30,0
11.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	152,9	147,3	145,0	162,9	154,7	164,0	150,9	25,2	30,0
11.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	154,8	152,5	160,3	149,6	156,5	163,8	152,0	26,7	30,0
11.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	148,0	172,9	155,3	149,1	152,7	159,8	151,5	31,6	30,0
11.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	152,0	147,1	147,1	162,4	153,0	162,9	150,6	22,2	30,0
11.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	155,3	153,3	160,0	150,9	157,3	170,7	151,6	25,5	30,0
11.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	155,3	153,3	160,0	150,9	157,3	170,7	151,6	25,5	30,0
11.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	144,5	172,3	159,0	147,1	153,1	159,8	150,0	30,0	30,0
12.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	150,6	146,7	146,2	163,8	151,0	161,4	151,3	29,8	30,0
12.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	156,4	153,3	163,5	151,6	159,6	164,5	153,1	30,6	30,0
12.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	145,7	172,5	157,7	152,2	156,2	162,1	150,8	35,6	30,0
12.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	152,1	148,8	147,1	164,8	153,4	162,7	151,2	29,2	30,0
12.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	147,8	163,5	156,0	151,4	156,2	161,5	150,2	35,1	30,0
12.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	150,7	147,0	146,5	162,4	150,4	163,0	151,5	28,4	30,0
12.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	158,4	153,9	165,5	150,4	161,0	154,2	154,9	30,4	30,0
12.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	147,3	172,7	154,0	149,1	153,5	160,8	150,5	35,6	30,0
12.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	148,9	146,0	148,2	161,3	154,9	162,2	146,6	25,8	30,0
12.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	155,3	149,2	160,2	149,8	168,4	151,4	152,9	27,9	30,0
12.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	143,8	171,6	157,7	147,5	152,7	159,8	151,1	33,4	30,0
12.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	147,9	151,2	148,5	160,3	151,0	157,5	150,5	24,7	30,0
12.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	155,0	149,0	160,1	150,7	167,7	150,7	152,2	27,3	30,0
12.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	143,9	172,3	156,1	147,1	152,3	160,6	151,0	32,3	30,0
12.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	13:48	147,6	173,2	157,0	147,5	153,8	161,4	151,0	34,6	30,0
13.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	150,7	146,9	147,6	164,0	146,8	162,7	150,0	28,0	30,0
13.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	158,1	157,9	167,5	151,6	161,3	150,2	153,0	29,7	30,0
13.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	143,1	172,9	157,3	149,4	155,6	161,9	150,3	33,8	30,0
13.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	152,7	148,4	145,4	165,0	151,7	171,5	152,1	31,4	30,0
13.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	158,3	149,3	165,5	151,0	162,0	151,9	155,4	32,2	30,0
13.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	144,9	173,3	155,0	147,1	155,0	160,2	150,9	37,5	30,0
13.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	154,5	151,4	156,3	149,3	150,5	172,4	148,9	28,6	30,0
13.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	158,6	154,0	166,5	152,1	151,4	153,1	156,1	32,8	30,0
13.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	143,9	173,4	158,6	150,9	156,0	159,8	150,6	37,8	30,0
13.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	153,3	147,3	147,3	161,9	151,4	164,9	150,9	26,8	30,0
13.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	159,3	150,7	164,6	151,1	161,3	151,5	155,8	32,5	30,0
13.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	144,8	163,9	156,0	147,9	157,0	160,3	150,6	35,4	30,0
13.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	150,4	145,4	148,7	163,0	155,2	166,7	150,1	23,1	30,0
13.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	158,4	149,9	163,4	151,6	161,9	154,6	156,1	27,1	30,0

Çizelge 4.7 PE film hattı veri takip formları (devam)

13.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	150,4	145,4	148,7	163,0	155,2	166,7	150,1	23,1	30,0
13.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	158,4	149,9	163,4	151,6	161,9	154,6	156,1	27,1	30,0
13.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	144,3	173,0	154,3	148,2	154,6	161,4	150,9	32,2	30,0
13.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	149,1	145,0	148,1	162,0	155,5	170,5	151,5	22,8	30,0
13.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	156,7	152,6	163,6	150,7	159,3	151,3	153,0	26,3	30,0
13.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	148,1	173,3	156,3	147,7	153,4	160,7	151,2	31,1	30,0
14.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	151,6	147,3	146,6	163,3	150,4	172,1	153,0	28,9	30,0
14.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	159,5	154,4	167,4	149,8	162,4	154,5	157,5	30,5	30,0
14.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	143,1	172,4	157,0	148,0	155,0	159,1	150,9	34,3	30,0
14.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	152,4	148,6	147,7	164,7	149,1	165,0	150,9	29,4	30,0
14.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	159,2	153,1	157,1	150,3	161,7	153,2	157,1	31,5	30,0
14.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	142,7	171,2	157,0	152,4	154,9	158,3	149,9	35,7	30,0
14.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	157,6	152,9	146,6	165,9	151,6	160,0	150,9	24,9	30,0
14.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	159,0	158,3	168,7	151,4	162,8	155,7	159,0	30,0	30,0
14.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	143,0	161,0	158,2	152,9	153,3	158,9	149,9	34,9	31,0
14.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	151,7	147,6	145,5	162,1	156,3	172,8	152,8	24,6	30,0
14.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	158,8	150,7	164,9	149,6	162,2	155,0	156,3	26,8	30,0
14.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	147,1	171,2	156,0	149,1	153,6	158,9	149,3	31,5	30,0
14.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	151,3	148,0	147,2	162,3	149,2	161,6	149,5	24,5	30,0
14.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	158,7	150,9	164,7	151,9	161,9	154,6	156,9	27,8	30,0
14.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	143,8	170,9	154,0	146,8	152,5	157,5	149,8	32,6	30,0
15.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	150,9	146,4	145,5	161,6	151,6	161,6	151,4	25,2	30,0
15.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	158,2	150,6	164,5	151,0	161,7	154,5	157,0	27,7	30,0
15.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	148,1	170,6	157,0	147,5	150,3	158,1	149,9	31,6	30,0
15.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	151,8	147,3	145,4	161,2	154,3	167,3	151,2	26,9	30,0
15.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	158,9	153,3	165,0	151,4	161,8	155,1	157,2	28,6	30,0
15.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	147,0	156,8	158,1	151,4	156,3	160,2	150,2	32,5	30,0
15.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	151,3	147,3	147,6	161,3	149,9	162,0	149,6	24,0	31,0
15.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	159,9	155,0	167,4	151,8	163,2	155,0	159,1	26,1	30,0
15.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	145,1	159,6	155,5	147,0	156,1	160,2	151,0	30,7	30,0
15.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	150,6	146,1	146,1	159,7	149,4	165,6	149,4	23,8	30,0
15.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	158,6	156,5	165,5	149,6	162,7	155,2	157,4	25,9	30,0
15.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	150,6	146,1	146,1	159,7	149,4	165,6	149,4	23,8	30,0
15.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	158,6	156,5	165,5	149,6	162,7	155,2	157,4	25,9	30,0
15.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	148,0	173,5	157,0	152,2	156,6	168,8	150,9	29,4	30,0
15.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	159,0	165,3	154,4	147,8	147,7	163,2	150,0	23,2	30,0
15.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	160,9	151,1	150,4	149,8	162,8	149,6	151,9	24,4	30,0
15.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	143,3	167,0	157,0	145,7	152,1	154,3	150,4	26,8	30,0
17.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	152,8	158,5	157,1	158,4	156,7	163,8	150,9	27,2	30,0
17.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	149,5	150,4	165,7	163,9	166,8	157,9	162,8	28,2	30,0
17.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	144,0	170,0	147,2	148,4	155,2	159,1	150,9	33,1	30,0
17.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	149,4	145,0	149,0	159,0	150,8	166,8	150,3	25,4	30,0
17.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	157,0	153,2	163,1	151,0	160,2	152,6	155,0	22,8	30,0
17.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	147,0	157,9	157,7	151,1	155,0	159,1	150,8	28,7	30,0
17.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	153,3	159,5	160,0	160,1	152,4	161,1	150,3	26,2	30,0
17.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	158,8	150,9	164,7	152,2	155,4	154,9	168,7	27,5	30,0
17.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	147,0	170,2	147,3	146,6	155,6	159,5	150,6	32,0	30,0
17.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	19:12	164,0	162,8	155,4	158,3	159,4	164,9	152,8	22,6	30,0
17.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	20:48	161,8	155,6	159,3	160,2	169,6	153,6	150,5	28,4	30,0
18.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	10:00	153,1	158,6	165,6	160,2	152,4	161,1	150,3	26,2	30,0
18.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	10:00	158,8	150,9	166,7	152,2	155,4	154,9	158,7	27,5	30,0
18.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	10:00	147,0	170,2	147,3	146,6	155,6	159,5	150,6	32,0	30,0
18.10.2022	PE Film 4	Erkan Yardımcı	C	14:00	153,3	157,4	162,5	158,0	151,2	160,6	150,5	25,7	30,0
18.10.2022	PE Film 5	Erkan Yardımcı	C	14:00	158,2	150,7	164,6	151,9	165,6	154,3	160,4	26,9	30,0
18.10.2022	PE Film 6	Erkan Yardımcı	C	14:00	146,6	160,0	149,9	152,9	155,1	159,0	150,4	31,6	30,0
18.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	18:00	152,6	157,1	162,9	166,8	153,1	161,2	150,0	32,0	30,0
18.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	18:00	149,6	149,3	163,2	151,0	163,9	155,6	160,1	28,6	30,0
18.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	18:00	148,0	163,4	158,1	152,6	154,3	159,2	150,5	30,4	30,0
18.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	22:00	156,3	146,7	155,2	155,9	163,9	152,1	150,9	26,9	30,0
18.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	22:00	149,5	149,9	151,5	150,4	163,9	151,6	159,0	29,4	30,0
18.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	22:00	143,9	165,3	157,7	149,8	153,2	154,4	158,3	32,8	30,0
18.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	22:42	151,2	169,0	155,4	158,9	168,6	164,0	158,7	29,4	30,0
19.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	167,7	146,3	142,4	156,8	142,2	164,1	151,0	29,9	30,0
19.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	152,1	151,0	163,5	165,9	150,2	156,2	161,5	31,6	30,0

Çizelge 4.7 PE film hattı veri takip formları (devam)

19.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	167,7	146,3	142,4	156,8	142,2	164,1	151,0	29,9	30,0
19.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	152,1	151,0	163,5	165,9	150,2	156,2	161,5	31,6	30,0
19.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	143,4	175,8	157,7	147,6	155,0	159,5	150,7	34,0	30,0
19.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	157,0	153,2	163,1	151,0	160,2	152,6	155,0	34,4	30,0
19.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	149,4	145,0	149,0	159,0	150,8	166,8	150,3	30,9	30,0
19.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	147,0	174,7	156,4	151,1	155,0	159,1	150,8	39,0	30,0
19.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	159,0	185,3	154,4	147,8	147,7	169,5	150,0	25,4	30,0
19.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	160,9	151,1	150,4	149,8	162,8	149,6	151,9	22,8	30,0
19.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	143,3	167,0	158,1	145,7	152,1	154,3	150,4	24,4	30,0
19.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	150,7	151,4	160,2	150,6	163,3	153,0	157,9	23,2	30,0
19.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	150,7	145,7	143,6	154,4	139,0	163,0	151,4	18,4	30,0
19.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	143,9	175,3	157,6	151,7	154,6	159,1	151,0	29,4	30,0
19.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	152,6	148,6	162,9	168,8	153,1	171,2	150,0	28,6	30,0
19.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	149,6	149,3	163,2	151,0	164,9	155,6	160,1	30,4	30,0
19.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	146,0	173,4	158,1	152,6	154,3	159,2	158,5	34,2	30,0
19.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	153,3	158,6	165,6	160,2	152,4	161,1	150,3	26,2	30,0
19.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	158,8	150,9	166,7	152,2	155,4	154,9	158,7	27,5	30,0
19.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	147,0	170,2	147,3	146,6	155,6	159,5	150,6	32,0	30,0
20.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	160,9	145,3	145,2	153,3	139,5	163,0	149,5	25,2	30,0
20.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	151,8	151,5	161,2	151,6	162,9	152,8	157,7	27,0	30,0
20.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	144,2	164,6	157,7	152,7	155,7	159,6	150,2	30,8	30,0
20.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	152,3	145,1	152,7	154,1	144,5	162,8	151,2	25,3	30,0
20.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	150,9	150,9	159,4	151,0	163,5	151,9	157,7	27,9	30,0
20.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	148,3	166,9	156,4	148,5	155,1	159,0	150,9	31,3	30,0
21.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	149,6	154,3	162,1	158,3	154,2	159,5	151,5	26,8	30,0
21.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	150,5	156,7	153,2	162,1	152,9	160,4	152,0	28,3	30,0
21.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	151,4	161,2	156,4	160,4	156,2	154,4	150,2	31,1	30,0
21.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	151,6	156,9	159,7	164,1	155,8	158,3	153,7	27,2	30,0
21.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	155,6	158,0	157,3	163,2	154,6	157,6	152,3	28,6	30,0
21.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	154,8	153,0	157,9	152,2	161,1	159,3	153,5	32,3	30,0
21.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	154,0	147,0	148,7	155,1	144,9	162,7	151,1	25,7	30,0
21.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	148,5	152,7	160,3	149,6	162,1	152,8	150,0	27,5	30,0
21.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	154,0	147,0	148,7	155,1	144,9	162,7	151,1	25,7	30,0
21.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	148,5	152,7	160,3	149,6	162,1	152,8	150,0	27,5	30,0
21.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	146,6	164,1	150,0	148,5	154,9	158,4	151,2	31,2	30,0
21.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	159,0	146,9	144,0	144,3	154,3	163,6	151,2	29,8	30,0
21.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	156,0	150,8	159,6	152,0	163,0	153,0	159,1	24,7	30,0
21.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	147,2	165,5	151,8	152,9	154,5	159,1	150,3	27,0	30,0
22.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	150,7	144,1	152,3	152,9	143,1	161,1	150,7	31,8	30,0
22.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	148,6	149,2	162,7	150,3	151,2	148,7	148,5	32,3	30,0
22.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	147,3	161,6	151,7	152,0	152,9	157,0	150,4	34,0	30,0
22.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	159,3	144,9	155,6	153,4	143,5	162,7	150,3	29,8	30,0
22.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	152,2	151,4	161,1	149,0	164,0	150,7	158,1	33,2	30,0
22.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	147,4	164,6	147,5	150,3	155,4	159,3	150,2	34,5	30,0
22.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	18:00	166,1	146,1	142,5	154,0	141,4	162,8	150,1	23,0	30,0
22.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	18:00	150,9	151,1	161,7	150,1	165,1	152,5	158,9	25,0	30,0
22.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	18:00	148,4	165,1	152,4	146,4	154,4	159,1	150,3	29,3	30,0
22.10.2022	PE Film 1	Faruk Karat	B	22:00	155,1	149,1	145,8	156,4	144,4	162,9	150,7	29,2	30,0
22.10.2022	PE Film 2	Faruk Karat	B	22:00	151,9	150,4	161,9	149,4	163,8	153,8	159,1	29,5	30,0
22.10.2022	PE Film 3	Faruk Karat	B	22:00	144,8	165,2	148,9	152,9	155,7	159,5	150,4	34,7	30,0
22.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	02:00	154,6	147,4	144,7	153,9	144,7	163,1	151,6	25,7	30,0
22.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	02:00	150,7	150,5	158,2	149,2	164,4	153,6	159,0	27,5	30,0
22.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	02:00	146,1	164,0	147,1	149,0	155,9	159,8	150,4	32,1	30,0
22.10.2022	PE Film 1	Erkan Yardımcı	C	06:00	161,5	147,3	144,8	154,0	143,5	163,0	151,1	23,9	30,0
22.10.2022	PE Film 2	Erkan Yardımcı	C	06:00	149,1	150,3	150,5	149,6	165,1	154,4	158,7	25,4	30,0
22.10.2022	PE Film 3	Erkan Yardımcı	C	06:00	144,8	164,7	147,0	152,8	157,0	161,2	150,4	29,7	30,0
24.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	10:00	160,0	146,0	144,2	153,4	143,4	163,2	150,2	20,9	30,0
24.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	10:00	151,6	150,6	160,5	152,2	164,7	152,5	158,2	25,1	30,0
24.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	10:00	145,1	164,8	149,0	152,5	156,3	159,8	150,7	29,5	30,0
24.10.2022	PE Film 1	Harun Şengün	A	14:00	148,4	144,9	144,5	152,1	146,7	160,9	151,2	26,3	30,0
24.10.2022	PE Film 2	Harun Şengün	A	14:00	151,1	152,3	162,7	149,8	164,1	154,1	158,7	24,7	30,0
24.10.2022	PE Film 3	Harun Şengün	A	14:00	146,5	163,9	147,5	147,5	154,9	159,1	150,7	31,3	30,0

Çizelge 4.7’de verilen girdi ve ölçüm değerlerine göre, soğutucu sıcaklıklarının dağılımına bakılmaktadır. Sonuçlara göre, çok büyük bir değişkenliğin olmadığı gözlemlenmiştir. Motor ve şanzıman devirlerine bakılmıştır. Benzer şekilde, devir sayılarında da sapmanın yüksek olmadığı gözlemlenmiştir.

4.11 İyileştirme Öncesi Kopma Frekansları Takibi

Çizelge 4.8’de iyileştirme öncesi kopma frekansları, üretilen birim miktar, kopma birim süreleri ve duruşları detaylı olarak incelenmiştir. Plastik torbalarda PE film kopmalarının 2022 Eylül ve 2022 ekim aylarında en fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışılan net süre, toplam ekipman etkinlik süresi dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Başka bir deyişle, makinelerin maksimum çalışabileceği günlük süreden, bakım, arıza, planlı veya plansız duruş süreleri çıkarıldığında aktif çalışılan net süreden bahsedilmektedir. Üretim hatlarındaki duruşlar dikkate alınarak, kopma duruşları tespit edilmiş, çalışılan net süre hesaplanarak, kopmalar arası süre, miktar ve kopma birim süre değerleri hesaplanmıştır.

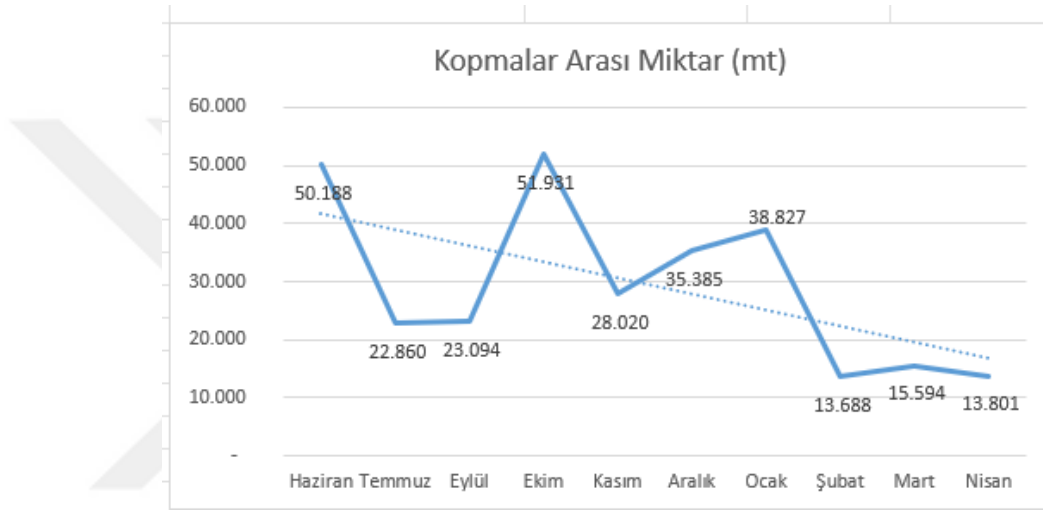
Çizelge 4.8 İyileştirme öncesi kopma frekansları takip tablosu

YIL	AY	HAT	DURUŞ	Kopma Duruşu (saat)	Frekans	Elektrik Kesinti Nedenli Frekans	Çalışılan Net Süre (saat)	Üretilen Miktar (mt)	Kopmalar Arası Süre (Saat)	Kopmalar Arası Miktar (mt)	Kopma Birim Süre (dk)
2021	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	18,75	56		550	3.375.500	9,7	59.219	20,1
2021	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	14,25	41		430	3.054.300	10,2	72.721	20,9
2021	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	11,48	35		428	2.708.600	11,9	75.239	19,7
2021	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	26,26	76		602,26	3.864.500	7,8	50.188	20,7
2021	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	22,51	67		242,26	1.554.500	3,6	22.860	20,2
2021	Eylül	PE Film Hattı	Film Kopması	43,58	127		460,68	2.956.000	3,6	23.094	20,6
2021	Ekim	PE Film Hattı	Film Kopması	18,72	57		469,40	3.012.000	8,1	51.931	19,7
2021	Kasım	PE Film Hattı	Film Kopması	40,33	121		532,75	3.418.500	4,4	28.020	20,0
2021	Aralık	PE Film Hattı	Film Kopması	27,68	85		474,25	3.043.100	5,5	35.385	19,5
2022	Ocak	PE Film Hattı	Film Kopması	23,50	74		525,82	2.912.000	7,0	38.827	19,1
2022	Şubat	PE Film Hattı	Film Kopması	68,31	198		520,52	2.724.000	2,6	13.688	20,7
2022	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	65,51	186		445,79	2.916.000	2,4	15.594	21,1
2022	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	73,30	223		529,05	3.091.500	2,4	13.801	19,7
2022	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	22,77	72		544,21	2.876.000	7,5	39.397	19,0
2022	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	31,26	100		501,35	3.034.500	5,0	30.045	18,8
2022	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	15,17	43		673,71	909.000	15,3	20.659	21,2
2022	Ağustos	PE Film Hattı	Film Kopması	17,83	36		349,87	1.344.500	9,5	36.338	29,7
2022	Eylül	PE Film Hattı	Film Kopması	68,17	43		509,53	2.961.500	11,6	67.307	95,1
2022	Ekim	PE Film Hattı	Film Kopması	43,02	33		483,51	3.121.500	14,2	91.809	78,2
									7,5	41.374,9	27,6

Kopma hedefi: 85000 m
Aylık Üretim Kapasitesi: 3900000 m
Hedef Frekans: 45,9
Toplam Hedef Duruş Dakika: 922,2 dk
Toplam Hedef Duruş Saat: 15,37 h

Hatlarda ne kadar, kaç kere kopma olduğu not edilmiştir. Toplam üretim ve kopma miktarları karşılaştırılmıştır. Amaç, PE film kopma sıklığının azaltılması olarak belirlenmiş ve bu konuya odaklanılmıştır.

Şekil 4.7’de, aylara göre kopmalar arası miktarlar metre cinsinden gösterilmektedir. Grafikte değişkenliğin fazla olduğu açıkça görülmektedir. Kopmalar arası miktarlarda, en düşük 13 mt, en yüksek 51.9 mt değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 4.7 Aylara göre kopmalar arası miktarları (mt)

4.12 Telef Takibi

Çizelge 4.9’da aylara göre PE film hatlarındaki duruş nedenleri, saat başına kopma duruş süreleri, kopma frekansı, çalışılan net süre, üretilen miktar, kaliteli üretim miktarı, toplam telef miktarı, toplam üretim kaybı ve buna bağlı olarak film kopması kaynaklı telef miktarları verilmiştir. En yüksek üretim kayıpları 2021 Temmuz ila 2022 Nisan ayları arasında görülmektedir.

İlgili makinede PE film koptuğunda, oradaki telef miktarları ve kopma olmasaydı üretilecek maksimum ürün miktarı dikkate alınmaktadır.

Çizelge 4.9 Telef olan ürünlerin takip tablosu

YIL	AY	HAT	DURUŞ	Kopma Duruşu (saat)	Frekans	Çalışılan Net Süre (saat)	Üretilen Miktar (mt)	Kaliteli Üretim (mt)	Toplam Telef Miktarı (mt)	Telef Miktarı (Mt)	Toplam Üretim Kaybı - YENİ	Toplam Üretim kaybı	Film kopması kaynaklı telef miktarı (mt)	Kopma Başına Telef Miktarı (mt)
2021	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	18,75	56	550	3.375.500	3.349.184	26.316	4.567	0,001	0,01	2.632	47
2021	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	14,25	41	430	3.054.300	3.054.300	-	3.343	0,001	0,00	-	-
2021	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	11,48	35	428	2.708.600	2.708.600	-	2.854	0,001	0,00	-	-
2021	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	26,26	76	602,26	3.864.500	3.709.895	154.605	6.198	0,002	0,04	3.092	41
2021	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	22,51	67	242,26	1.554.500	1.517.658	36.842	5.464	0,004	0,02	1.228	18
2021	Eylül	PE Film Hattı	Film Kopması	43,58	127	460,68	2.956.000	2.901.395	54.605	10.357	0,004	0,02	2.427	19
2021	Ekim	PE Film Hattı	Film Kopması	18,72	57	469,40	3.012.000	2.921.211	90.789	4.648	0,002	0,03	2.421	42
2021	Kasım	PE Film Hattı	Film Kopması	40,33	121	532,75	3.418.500	3.361.921	56.579	9.867	0,003	0,02	2.663	22
2021	Aralık	PE Film Hattı	Film Kopması	27,68	85	474,25	3.043.100	3.043.100	-	6.932	0,002	0,00	-	-
2022	Ocak	PE Film Hattı	Film Kopması	23,50	74	525,82	2.912.000	2.886.342	25.658	6.035	0,002	0,01	1.207	16
2022	Şubat	PE Film Hattı	Film Kopması	68,31	198	520,52	2.724.000	2.657.553	66.447	16.147	0,006	0,02	3.127	16
2022	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	65,51	186	445,79	2.916.000	2.916.000	-	15.168	0,005	0,00	-	-
2022	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	73,30	223	529,05	3.091.500	3.043.474	48.026	18.185	0,006	0,02	2.260	10
2022	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	22,77	72	544,21	2.876.000	2.876.000	-	5.872	0,002	0,00	-	-
2022	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	31,26	100	501,35	3.034.500	3.008.184	26.316	8.155	0,003	0,01	1.238	12
2022	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	15,17	43	673,71	909.000	909.000	-	3.507	0,004	0,00	-	-
2022	Ağustos	PE Film Hattı	Film Kopması	17,83	36	349,87	1.344.500	1.321.474	23.026	2.936	0,002	0,02	1.084	30
2022	Eylül	PE Film Hattı	Film Kopması	68,17	43	509,53	2.961.500	2.944.395	17.105	3.507	0,001	0,01	805	19
2022	Ekim	PE Film Hattı	Film Kopması	43,02	33	483,51	3.121.500	3.121.500	-	2.691	0,001	0,00	-	-
													1.273	15

Çizelge 4.10’da kümülatif üretim, telef miktarı ve buna bağlı olarak hesaplanan kümülatif üretim kaybı bilgileri yer almaktadır. Mavi ile işaretli bölgede en yüksek üretim kayıpları görülmektedir.

Çizelge 4.10 Kümülatif üretim ve telef miktarı tablosu

Küm. Üretim Miktarı	Küm. Telef Miktarı	Küm. Üretim Kaybı
3.375.500	26.316	0,008
6.429.800	26.316	0,004
9.138.400	26.316	0,003
13.002.900	180.921	0,014
14.557.400	217.763	0,015
17.513.400	272.368	0,016
20.525.400	363.158	0,018
23.943.900	419.737	0,018
26.987.000	419.737	0,016
29.899.000	445.395	0,015
32.623.000	511.842	0,016
35.539.000	511.842	0,014
38.630.500	559.868	0,014
41.506.500	559.868	0,013

Çizelge 4.10 Kümülatif üretim ve telef miktarı tablosu (devam)

44.541.000	586.184	0,013
45.450.000	586.184	0,013
46.794.500	609.211	0,013
49.756.000	626.316	0,013
52.877.500	626.316	0,012

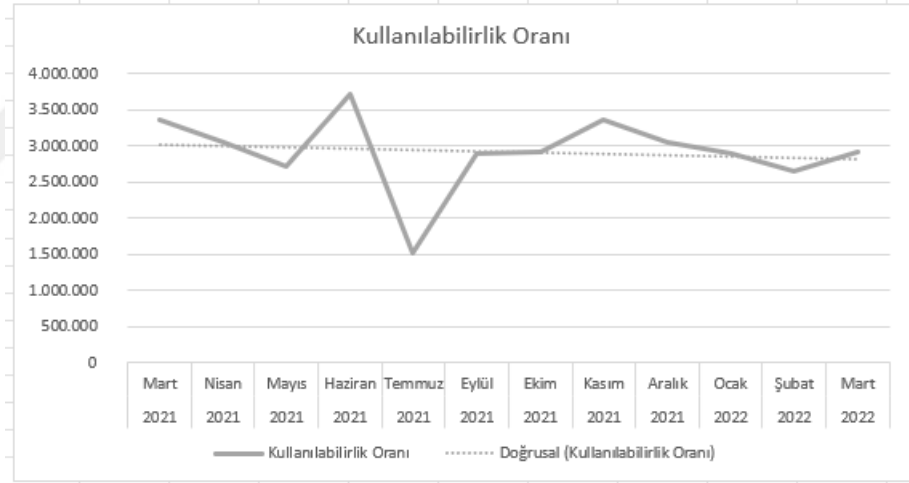
4.13 TEE (Toplam Ekipman Etkinliği)

Bilindiği üzere, her üretimde kolunda plansız duruşlar olmaktadır. Cumartesi günleri de çalışılan işletmelerde 1 ayda maksimum 27 gün çalışıldığı düşünülse de, aslında $27 * 24 = 648$ saat bir ay boyunca üretim yapılmaması mümkün olmamaktadır. Makinelerde arızalar, bekleme süreleri, işçilerin mola süreleri vb. aktif çalışma süresini etkilemektedir. Örnek firmamız için, hat hat ünite ünite takvimdeki toplam maksimum çalışma günü süresi - çalışılmayan gün süresi-plansız duruşta giden süreler hesaplanmıştır. Her hattın toplam TEE'si (toplam ekipman etkinlik) farklıdır ve her ay ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Bu süre, üretimin kaliteli zaman açısından göstergesidir. Plansız duruşlar için, örneğin bakım planına bakılıp öngörmeye çalışılmaktadır. Ayrıca, makinelerin arıza süreleri hesaplanmakta ve onlar da bu süreden düşülmektedir. Buna ek olarak, personel eksikliği, izinli veya raporlu olduğu hallerde, o makinede çalışan tek kişi ise, aktif çalışma süresi ciddi şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle yedekli çalışma yöntemi uygulanması uygun olacaktır.

Çizelge 4.11'de aylara göre PE film hatlarında çalışan net süreler, üretilen miktarlar, kaliteli üretim miktarları, buna bağlı olarak performans, kalite oranı ve % TEE değerleri, resmi tatil ve planlı duruşlar göz önünde bulundurularak açıkça gösterilmektedir. Kullanılabilirlik oranları da Şekil 4.8' de belirtilmiştir.

Çizelge 4.11 Kaliteli üretim değerlerine göre TEE takibi tablosu

YIL	AY	HAT	DURUŞ	Çalışılan Net Süre (saat)	Üretilen Miktar (mt)	Kaliteli Üretim (mt)	Kullanılabilirlik Oranı	Performans Oranı	Kalite Oranı	TEE
2021	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	550	3.375.500	3.349.184	73,9%	95,6%	99,2%	70,2%
2021	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	430	3.054.300	3.054.300	59,7%	110,8%	100,0%	66,1%
2021	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	428	2.708.600	2.708.600	57,5%	98,7%	100,0%	56,7%
2021	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	602,26	3.864.500	3.709.895	83,6%	100,0%	96,0%	80,3%
2021	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	242,26	1.554.500	1.517.658	32,6%	100,0%	97,6%	31,8%
2021	Eylül	PE Film Hattı	Film Kopması	460,68	2.956.000	2.901.395	64,0%	100,0%	98,2%	62,8%
2021	Ekim	PE Film Hattı	Film Kopması	469,40	3.012.000	2.921.211	63,1%	100,0%	97,0%	61,2%
2021	Kasım	PE Film Hattı	Film Kopması	532,75	3.418.500	3.361.921	74,0%	100,0%	98,3%	72,8%
2021	Aralık	PE Film Hattı	Film Kopması	474,25	3.043.100	3.043.100	63,7%	100,0%	100,0%	63,7%
2022	Ocak	PE Film Hattı	Film Kopması	525,82	2.912.000	2.886.342	70,7%	86,3%	99,1%	60,5%
2022	Şubat	PE Film Hattı	Film Kopması	520,52	2.724.000	2.657.553	77,5%	81,6%	97,6%	61,6%
2022	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	445,79	2.916.000	2.916.000	59,9%	101,9%	100,0%	61,1%
2022	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	529,05	3.091.500	3.043.474	73,5%	91,1%	98,4%	65,9%
2022	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	544,21	2.876.000	2.876.000	73,1%	82,4%	100,0%	60,2%
2022	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	501,35	3.034.500	3.008.184	69,6%	94,3%	99,1%	65,1%
2022	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	673,71	909.000	909.000	90,6%	21,0%	100,0%	19,0%
2022	Ağustos	PE Film Hattı	Film Kopması	349,87	1.344.500	1.321.474	47,0%	59,9%	98,3%	27,7%
2022	Eylül	PE Film Hattı	Film Kopması	509,53	2.961.500	2.944.395	70,8%	90,6%	99,4%	63,7%
2022	Ekim	PE Film Hattı	Film Kopması	483,51	3.121.500	3.121.500	65,0%	100,6%	100,0%	65,4%
Resmi Tatil + Planlı Duruşlar										
				744,00	70,29	673,71	2,50			



Şekil 4.8 Aylara göre kullanılabilirlik oranları

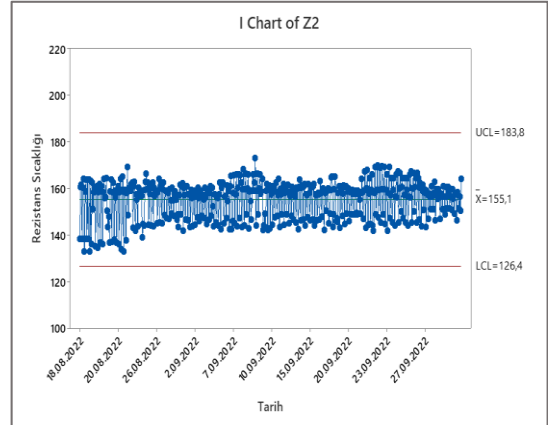
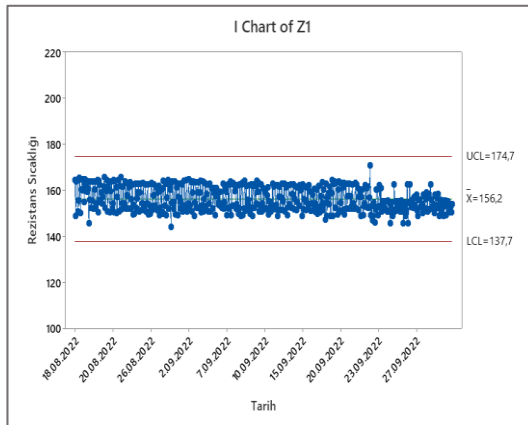
Çizelge 4.12 Kopma duruşu ve frekansa göre TEE takibi tablosu

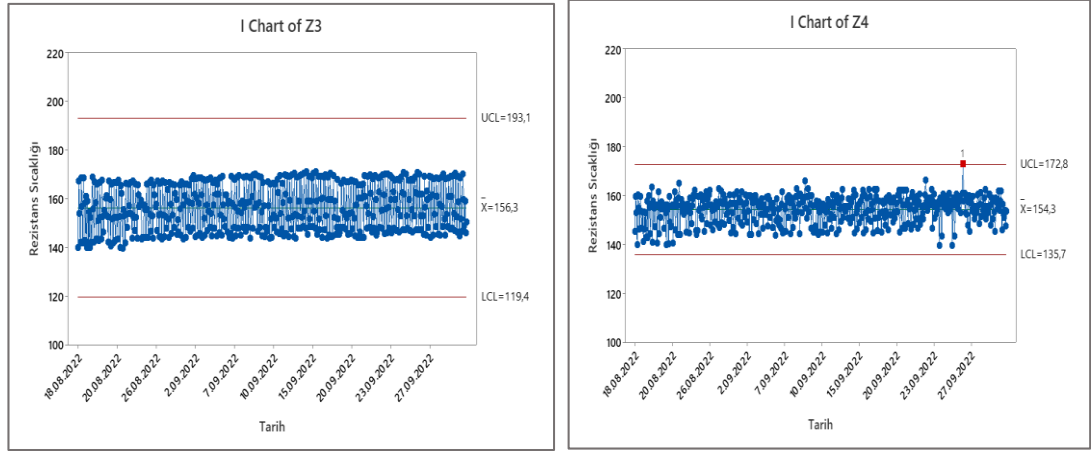
YIL	AY	HAT	DURUŞ	Kopma Duruşu (saat)	Frekans	% Duruş Süresi	Çalışılan Net Süre (saat)	Üretilen Miktar (mt)	Kaliteli Üretim (mt)	Kullanılabilirlik Oranı	Performans Oranı	Kalite Oranı	TEE
2021	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	18,75	56	100	550	3.375.500	3.349.184	73,9%	95,6%	99,2%	70,2%
2021	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	14,25	41	93	430	3.054.300	3.054.300	59,7%	110,8%	100,0%	66,1%
2021	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	11,48	35	59	428	2.708.600	2.708.600	57,5%	98,7%	100,0%	56,7%
2021	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	26,26	76,00	96,33	602,26	3.864.500	3.709.895	83,6%	100,0%	96,0%	80,3%
2021	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	22,51	67,00	77,22	242,26	1.554.500	1.517.658	32,6%	100,0%	97,6%	31,8%
2021	Eylül	PE Film Hattı	Film Kopması	43,58	127,00	92,45	460,68	2.956.000	2.901.395	64,0%	100,0%	98,2%	62,8%
2021	Ekim	PE Film Hattı	Film Kopması	18,72	57,00	77,81	469,40	3.012.000	2.921.211	63,1%	100,0%	97,0%	61,2%
2021	Kasım	PE Film Hattı	Film Kopması	40,33	121,00	81,13	532,75	3.418.500	3.361.921	74,0%	100,0%	98,3%	72,8%
2021	Aralık	PE Film Hattı	Film Kopması	27,68	85,00	91,81	474,25	3.043.100	3.043.100	63,7%	100,0%	100,0%	63,7%
2022	Ocak	PE Film Hattı	Film Kopması	23,50	74,00	74,60	525,82	2.912.000	2.886.342	70,7%	86,3%	99,1%	60,5%
2022	Şubat	PE Film Hattı	Film Kopması	68,31	198,00	81,99	520,52	2.724.000	2.657.553	77,5%	81,6%	97,6%	61,6%
2022	Mart	PE Film Hattı	Film Kopması	65,51	186,00	89,12	445,79	2.916.000	2.916.000	59,9%	101,9%	100,0%	61,1%
2022	Nisan	PE Film Hattı	Film Kopması	73,30	223,00	79,83	529,05	3.091.500	3.043.474	73,5%	91,1%	98,4%	65,9%
2022	Mayıs	PE Film Hattı	Film Kopması	22,77	72,00	54,62	544,21	2.876.000	2.876.000	73,1%	82,4%	100,0%	60,2%
2022	Haziran	PE Film Hattı	Film Kopması	31,26	100,00	71,08	501,35	3.034.500	3.008.184	69,6%	94,3%	99,1%	65,1%
2022	Temmuz	PE Film Hattı	Film Kopması	15,17	43,00	100,00	673,71	909.000	909.000	90,6%	21,0%	100,0%	19,0%
2022	Ağustos	PE Film Hattı	Film Kopması	17,83	36,00	94,69	349,87	1.344.500	1.321.474	47,0%	59,9%	98,3%	27,7%

Çizelge 4.12’de aylara göre PE film hatlarındaki kopma duruşları, frekansları, % duruş süreleri, çalışılan net süre, buna bağlı olarak kaliteli üretim, performans, kalite oranı ve % TEE değerleri, resmi tatil ve planlı duruşlar göz önünde bulundurularak açıkça gösterilmektedir.

4.14 Burgu Rezistans Sıcaklık Değerleri

Z Rezistansları için iyileştirmelerden önce ölçülen rezistans sıcaklık değerleri aşağıdaki resimlerdeki gibidir. Bu resimlerde gösterilen veriler Minitab programı vasıtasıyla I Chart modülü kullanılarak yapılmıştır.

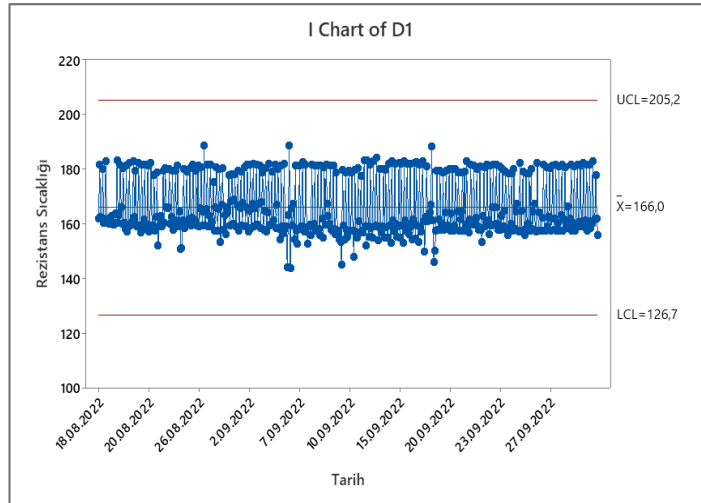


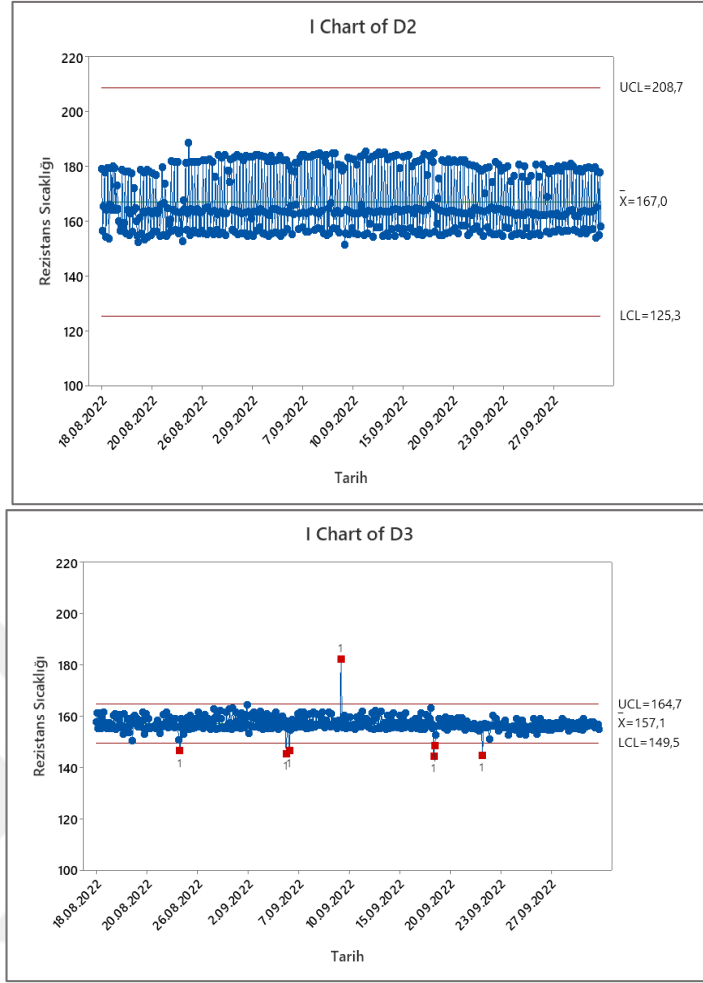


Şekil 4.9 Z1, Z2, Z3 ve Z4 rezistansları sıcaklık değerlerinin üst ve alt limitler arasındaki dağılımı

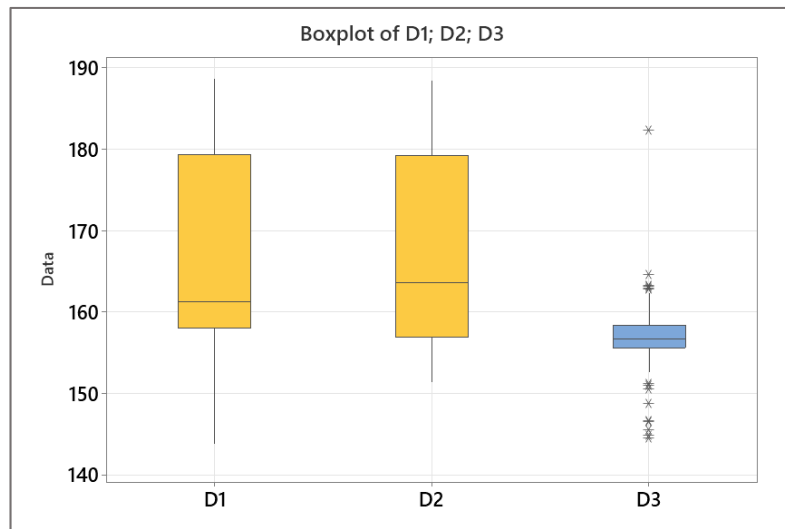
4.15 Kafa Rezistans Sıcaklık Değerleri

D Rezistansları için iyileştirmelerden önce ölçülen rezistans sıcaklık değerleri aşağıdaki resimlerde görüldüğü gibidir. Bu resimlerde gösterilen veriler Minitab programı vasıtasıyla I Chart ve Box plot modülleri kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.10'da, aralarında D1 ve D2 rezistansı varyans ve ortalamalarının D3 rezistansına göre daha fazla olduğu görülmüştür.





Şekil 4.10 D1, D2, D3 kafa rezistans sıcaklıklarının alt ve üst limitler arasındaki dağılımı

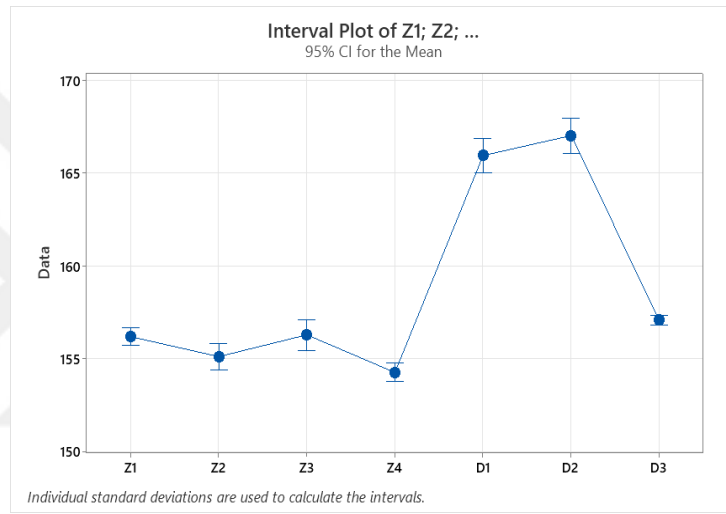


Şekil 4.11 D1, D2, D3 kafa rezistans sıcaklıklarının box plot dağılımı

4.16 Rezistans Sıcaklık Değerleri-One Way Anova Tablosu

Aşağıdaki resimlerde gösterilen veriler, tüm rezistanslar için Minitab programı vasıtasıyla Interval plot modülü kullanılarak yapılmıştır. Tüm rezistansların ortalamaları karşılaştırılmıştır.

Şekil 4.12'ye göre, Z1-Z2-Z3-Z4: (Burgu rezistans sıcaklıkları) ve D1-D2-D3 (Kafa rezistans sıcaklıkları) ortalamalarının arasında ciddi farklar olduğu görülmüştür.



Şekil 4.12 Interval Plot Analizi

4.16.1 İyileştirme öncesi rezistans sıcaklık değerleri

Çizelge 4.13'e göre, Z1, Z2, Z3, Z4 ve D1, D2, D3 rezistans sıcaklık değerleri asgari, azami ve ortalama değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Üst limiti D1, D2 ve D3 kafa rezistanslarının dramatik şekilde aştığı (190 °C) gözlemlenmektedir.

Çizelge 4.13 İyileştirme öncesi rezistans sıcaklık değerleri

Rezistans	Ortalama Sıcaklık Değeri	Min. Ölçülen Değer	Max. Ölçülen Değer
Z1	156,20 °C	145 °C	170 °C
Z2	155,12 °C	132 °C	172 °C
Z3	156,30 °C	140 °C	170 °C
Z4	154,27 °C	140 °C	172 °C

Çizelge 4.13 İyileştirme öncesi rezistans sıcaklık değerleri (devam)

D1	165,96 °C	142 °C	190 °C
D2	167,03 °C	152 °C	190 °C
D3	157,09 °C	145 °C	180 °C

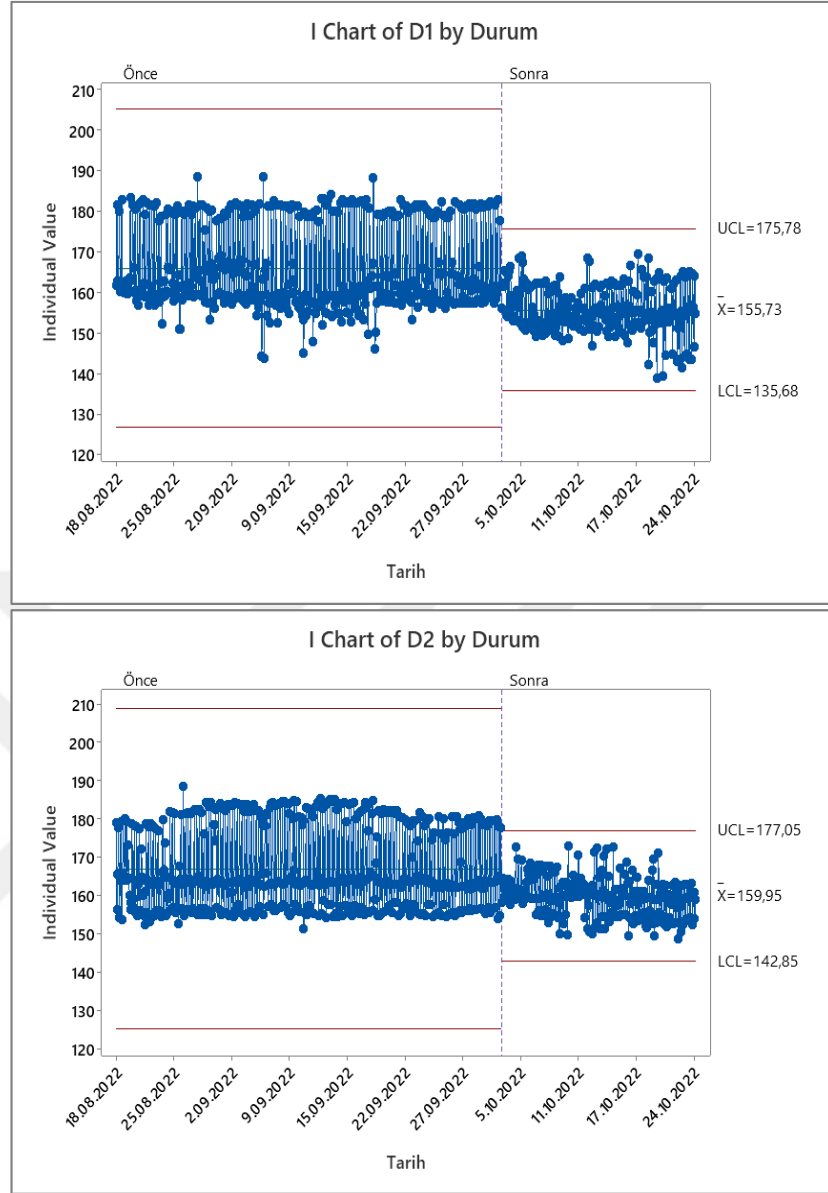
İyileştirme aksiyonları: Bu durumu iyileştirmek için çizelge 4.14’te verilen aksiyonlar sorumlu personel tarafından uygulanmıştır.

Çizelge 4.14 İyileştirme aksiyon ve sorumluları tablosu

Aksiyon Maddesi	Sorumlu
Termostat tedarikçi firması ile fazla ısıtma sorunu (ısı değişkenliği) görüşülmüş olup önerilen termostat ayarlamaları yapılmıştır.	Kalite kontrol sorumlusu, üretim operatörü
Önerilen ayarlar sonunda termostatlar ayarlanan ısıya ulaşmaya yakın (2-3 derece) kalınca devreden çıkıp tekrar ayarlanan süre sonunda devreye girerek ısıtmayı yavaşlatması sonucunda ısıların ayarlanan değerler üzerine minimum seviyelere çıkması sağlanmıştır.	Kalite kontrol sorumlusu, üretim operatörü
Termostatların ısı ölçer termokupl (ısı çift, sıcaklık sensörü) yatakları deforme olduğundan dolayı yenilenerek ısıyı daha hassas hissetmeleri sağlanmıştır.	Kalite kontrol sorumlusu, üretim operatörü

4.16.2 D1-D2 iyileştirme önce-sonra sıcaklık değerleri

Şekil 4.13’e göre, bir önceki durumda D1 ve D2 rezistanslarının alt ve üst kontrol limit aralığı daha genişken yapılan iyileştirmeler sonrasında değişkenlik azalarak limitlerin daraldığı ve ortalamalarının da istenilen set değeri olan 160 °C ‘ye yaklaştığı görülmektedir.

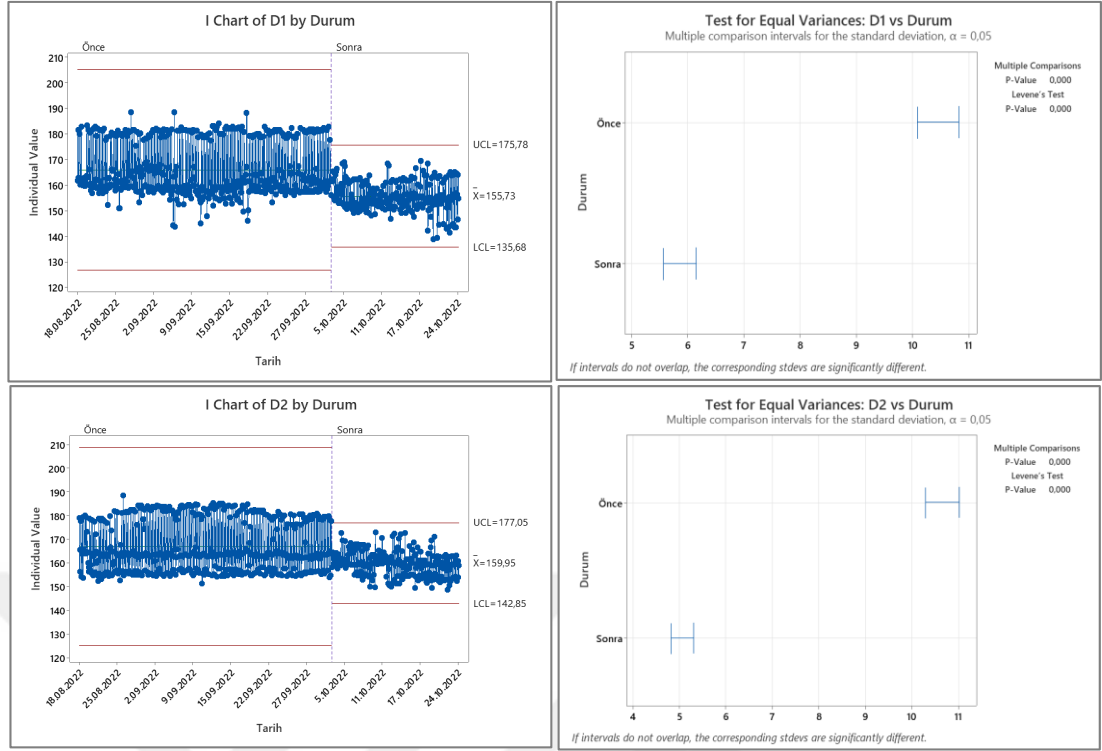


Şekil 4.13 D1-D2 iyileştirme önce-sonra alt ve üst limitler arasındaki dağılımı

4.16.3 Varyans testi – D1-D2

Şekil 4.14'e göre, Minitab programından D1 ve D2 için de aynı şekilde I Chart ve Hipotez testleri yapıldığında, iyileştirme öncesi ve sonrasında varyans (standart sapma, α) değerlerinde belirgin bir fark olduğu görülmüştür. P değeri 0 olarak görülmektedir.

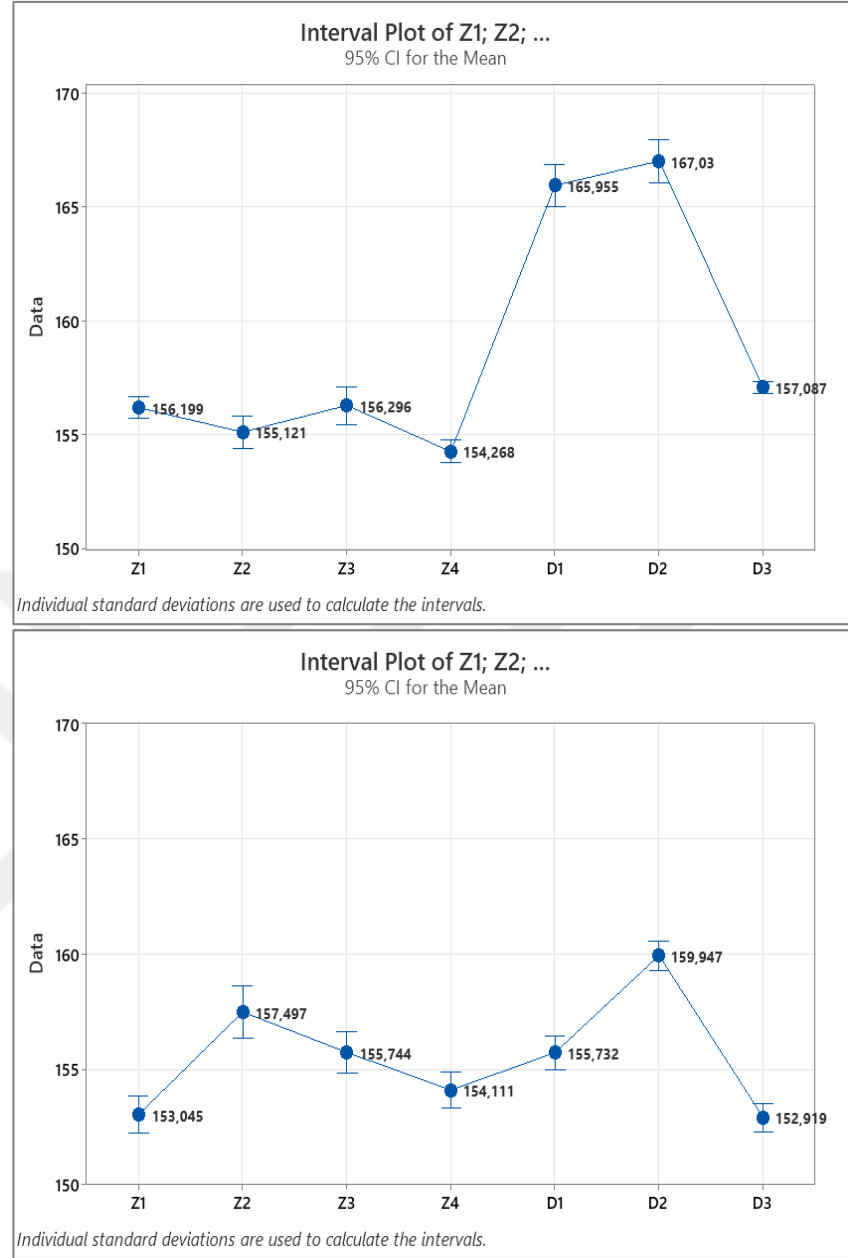
İyileştirme sonrasında iki rezistansta da varyanslar azaltılmıştır.



Şekil 4.14 D1-D2 iyileştirme önce-sonra P değerleri ve alt ve üst limitler arasında dağılım

4.16.4 Rezistans sıcaklık değerleri – One Way Anova tablosu

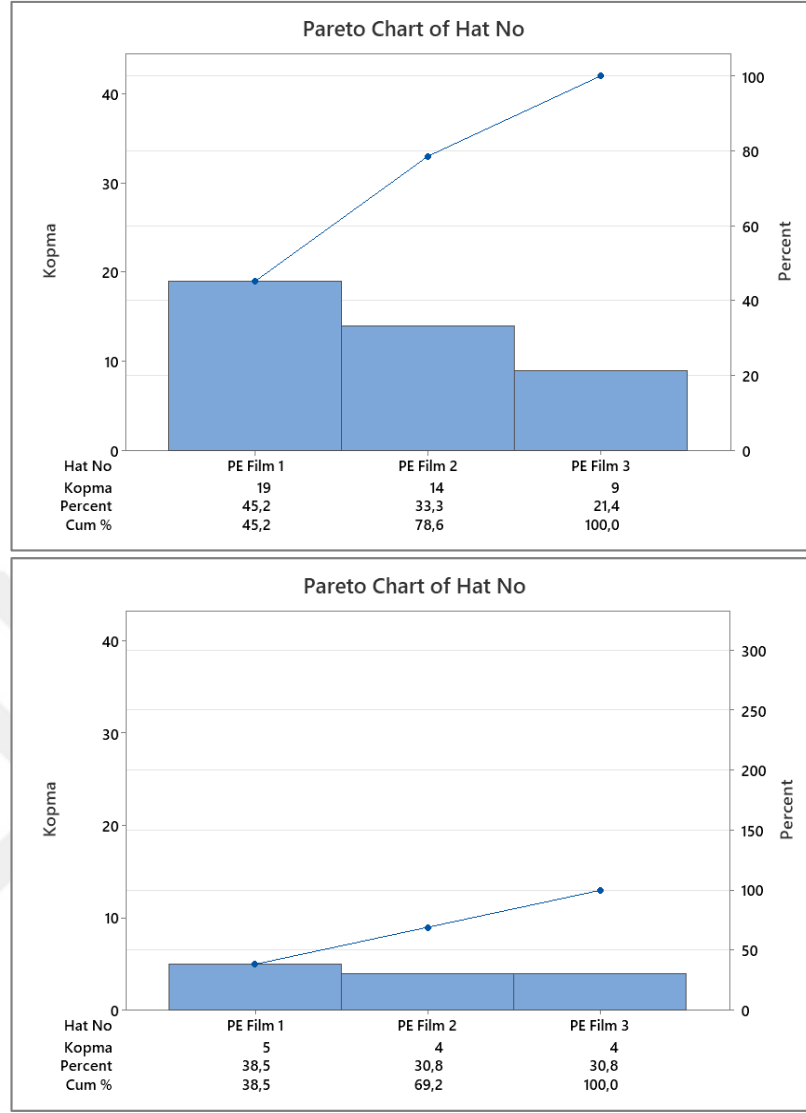
Şekil 4.15' göre, Minitab programından 7 rezistans için Interval Plot modülü kullanılarak analizler yapıldığında, iyileştirme öncesinde özellikle D1-D2 rezistans sıcaklıkları diğerlerinden yüksekken yapılan iyileştirmelerden sonra tüm rezistans sıcaklık değerleri belirlenen set değeri seviyelerine getirildiği görülmüştür.



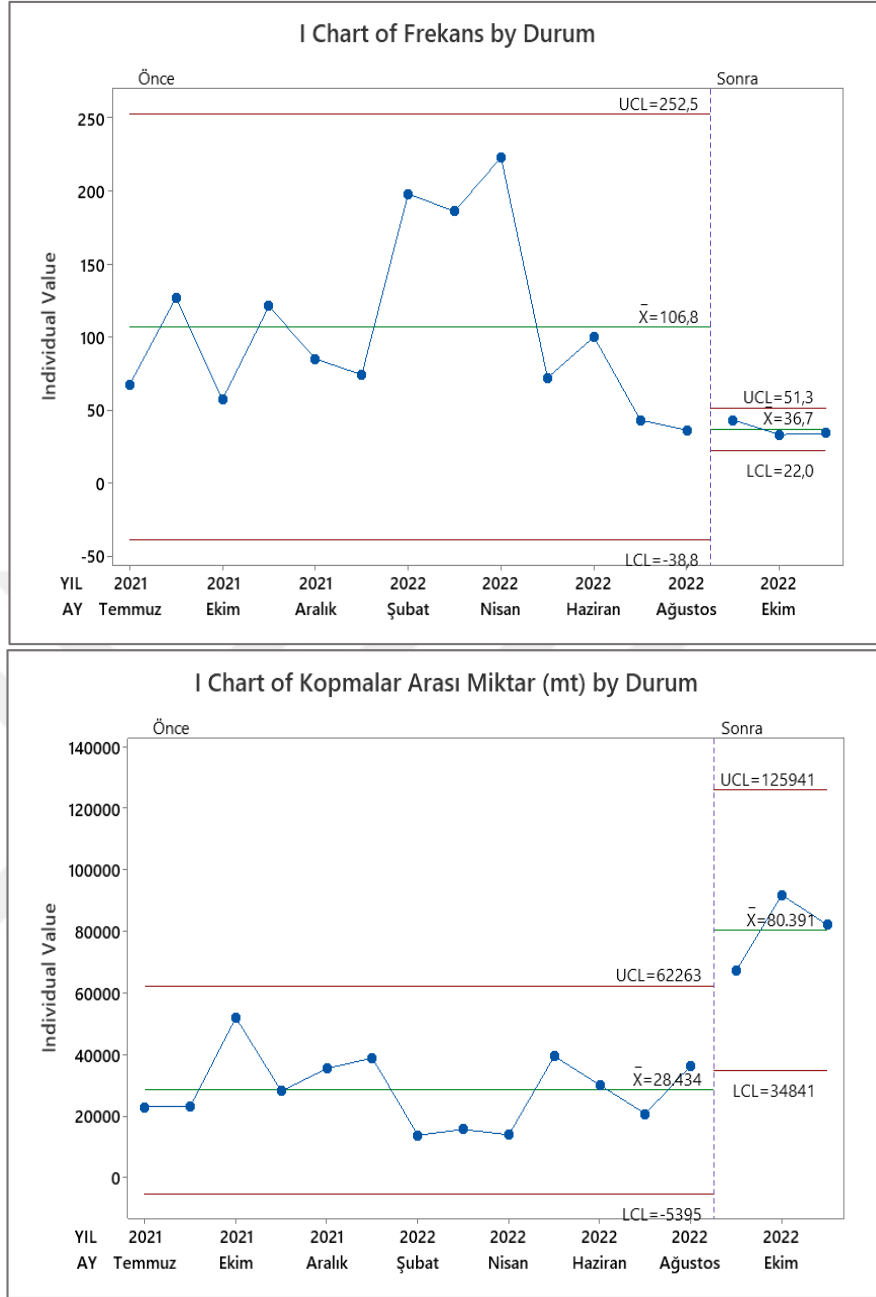
Şekil 4.15 Z1, Z2, Z3, Z4 ve D1, D2, D3 rezistans sıcaklıklarının Interval Plot dağılımı

4.16.5 İyileştirme sonrası rezistans sıcaklıkları

Şekil 4.16'ya göre, Minitab programından PE filmler için Pareto Chart modülü kullanılarak analizler yapıldığında, iyileştirmelerden sonra ısı kaynaklı ortalama kopma frekansı 42'den 13'ye düştüğü ve hatlar arasındaki kopma dağılımının dengelendiği görülmüştür.



Şekil 4.16 İyileştirme öncesi ve sonrası ısı kaynaklı kopma frekanslarının hatlara göre Pareto Chart dağılımı



NOT: Temmuz-Ağustos aylarında yıllık izinler ve tesis duruşu sebebiyle kopma frekansı azalmış olarak görülmektedir.

Şekil 4.17 Aylara göre kopma durumlarının I chart dağılımları

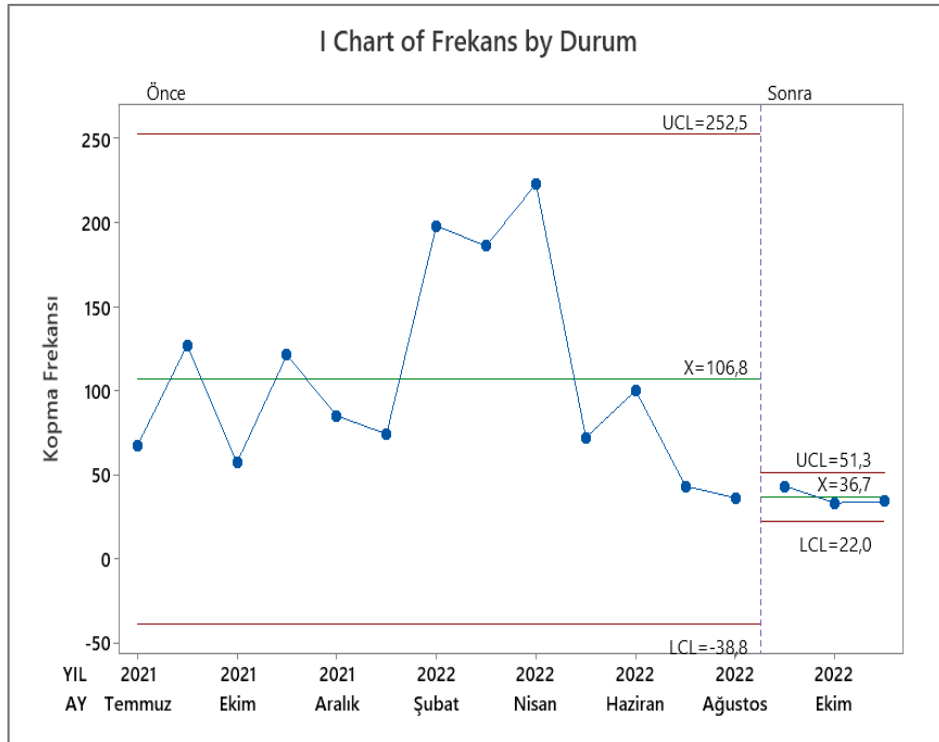
Şekil 4.17'ye göre, Minitab programından PE filmlerdeki kopmalardaki durumla ilgili I Chart modülü kullanılarak analizler yapıldığında, kopmalar arası miktar ortalama **28.434** mt'den **80.391** mt'ye çıktığı görülmektedir. Buna ek olarak, üst ve alt limit sınır değer aralığı daralmıştır.

4.16.6 Kopma frekansı – önce/sonra

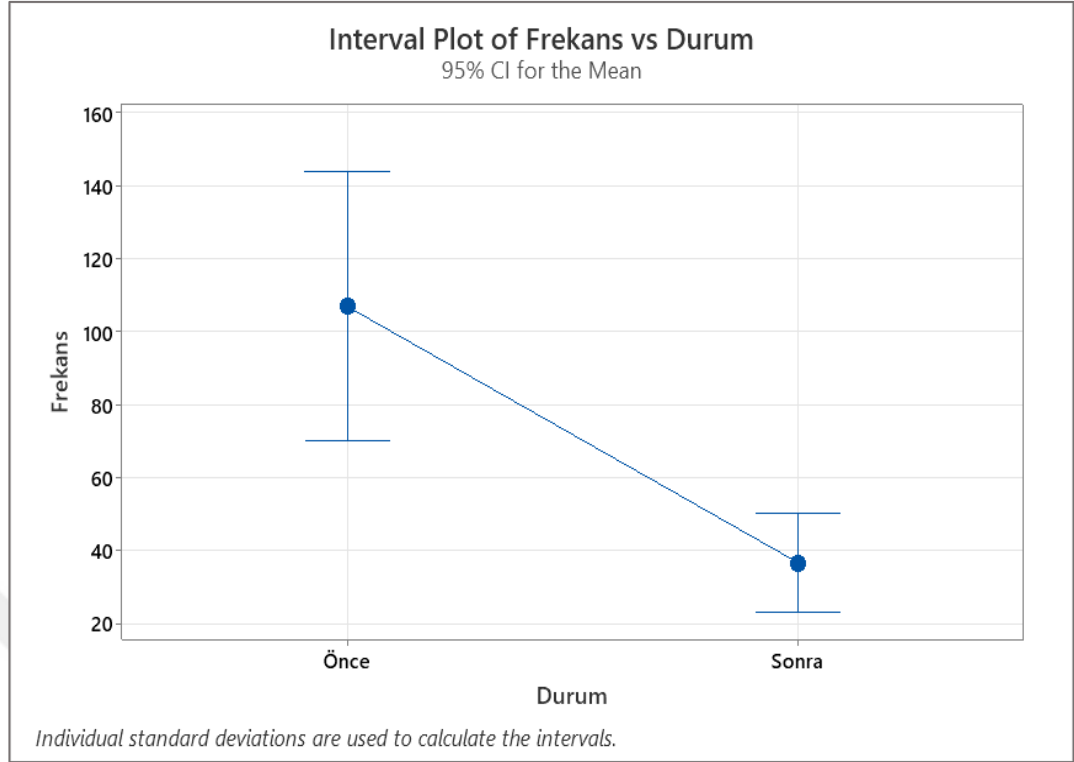
One Way Anova testi sonucu

Şekil 4.18 ve 4.19’a göre, Minitab programından PE filmlerdeki kopma frekansını ve durumlarını I Chart modülü, Interval Plot ve Welch’s test kullanılarak analizler yapıldığında, iyileştirme öncesi ve sonrasındaki aylık kopma durumları ve standart sapmaları incelenmiştir.

Alternatif hipotez kabul edilerek ($P\text{-Value: } 0,001$), iyileştirme sonrasında frekans ortalamalarında belirgin şekilde fark olduğu yani sonrası durumda frekansın belirgin şekilde azaldığı kabul edilmiştir. İstatistiki olarak standart sapma değeri ne kadar düşükse, güven aralığı alt ve üst sınırları birbirine ne kadar yakınsa, sonuç o kadar başarılıdır anlamına gelmektedir. Bu çalışmada da iyileştirmeler sonrasında, standart sapma değerleri küçülmüş ve rezistans sıcaklık değerleri ortalama değerlere oldukça yakınlaştırılmıştır.



Şekil 4.18 Aylar bazında kopma frekanslarının I chart dağılımı



Şekil 4.19 Kopma frekanslarının Interval Plot dağılımları

Means

Durum	N	Mean	StDev	95% CI
Önce	13	106,8	61,0	(70,0; 143,7)
Sonra	3	36,67	5,51	(22,99; 50,35)

Method

Null hypothesis All means are equal
Alternative hypothesis Not all means are equal
Significance level $\alpha = 0,05$

Equal variances were assumed for the analysis.

Welch's Test

Source	DF	Num	DF	Den	F-Value	P-Value
Durum	1	12,7671	16,62			0,001

Ortalama kopma miktarı güven aralığı ilk durumda; 70,0-143,7 sonrası durumda; 22,99-50,35 arasında olmaktadır. Standart sapma değerleri 61'den 5,51 seviyesine kadar düşüş göstermiştir. Buna ek olarak, güven aralığı alt ve üst sınırlarının iyileştirmeler sonrasında sayısal olarak birbirine yakınlığı görülmektedir.

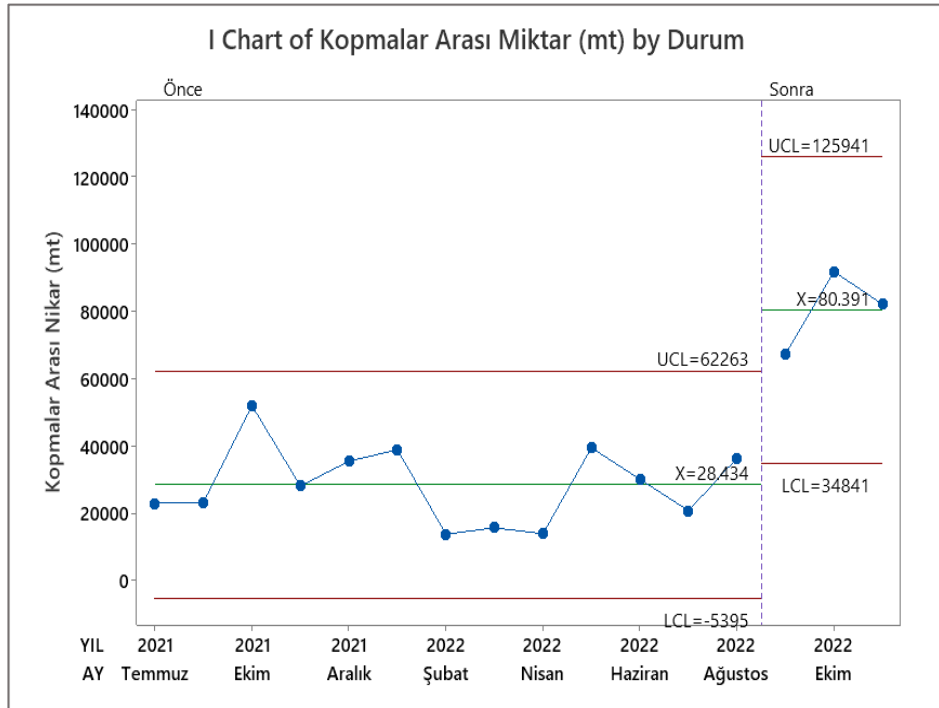
4.16.7 Kopmalar arası miktar – önce/sonra

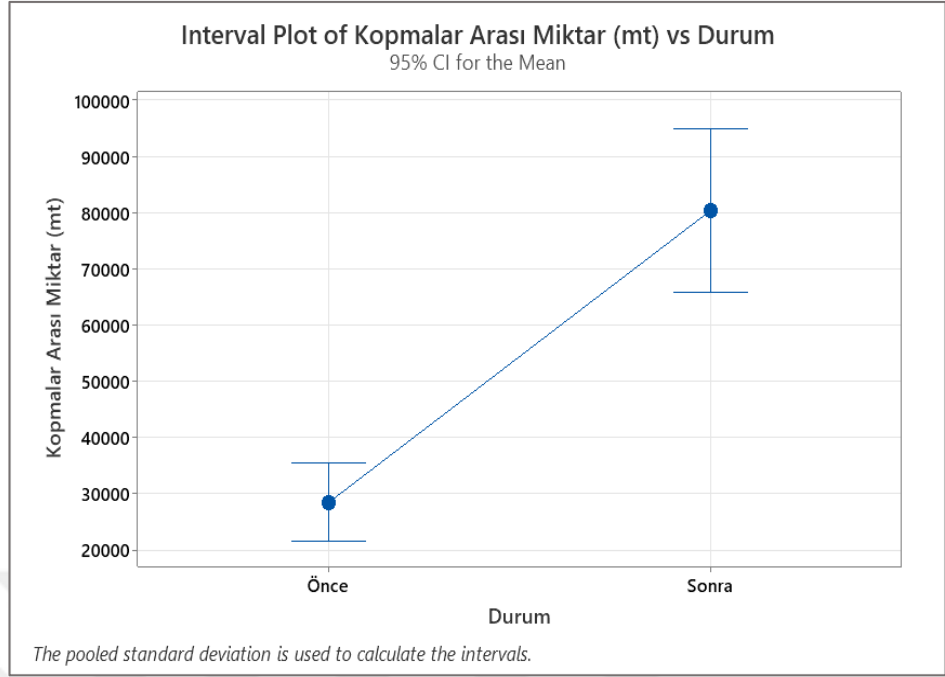
One Way Anova testi sonucu

Aşağıdaki şekillerde görüldüğü üzere, Minitab programından PE filmlerdeki kopmalar arası miktarların (mt) dağılımı ay ay incelenmiş ve durumlarını belirlemek için; I Chart modülü, Interval Plot ve varyans analizi metotları kullanılarak analizler yapılmıştır. İyileştirme öncesi ve sonrasındaki aylık kopma durumları ve standart sapmaları incelenmiştir.

Kopmalar arası miktar için önce-sonra arasında ortalamalar arasında belirgin bir fark olup olmadığını test ettiğimizde;

Alternatif hipotez kabul edilerek ($P\text{-Value: } 0,000$), iyileştirme sonrasında kopmalar arası miktarda belirgin şekilde fark olduğu yani sonrası durumda kopmalar arası miktarın belirgin bir şekilde arttığı kabul edilmiştir.





Şekil 4.20 Kopma durumlarının I Chart ve Interval Plot dağılımları

Means				
Durum	N	Mean	StDev	95% CI
Önce	13	28434	11584	(21477; 35390)
Sonra	3	80391	12336	(65910; 94872)
Pooled StDev = 11694,5				

Method		Analysis of Variance				
Null hypothesis	All means are equal	Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value
Alternative hypothesis	Not all means are equal	Durum	1	6580139815	6580139815	48,11
Significance level	$\alpha = 0,05$	Error	14	1914656301	136761164	0,000
Equal variances were assumed for the analysis.		Total	15	8494796116		

Şekil 4.20'ye göre, ortalama kopma miktarı güven aralığının ilk durumda; 21.477-35.390 arasında iken sonrası durumda 65.910-94.872 arasında olduğu görülmektedir.

4.17 Kontrol Planı

Kontrol aşaması bir altı sigma projesinin en önemli aşaması olarak düşünülmektedir. Çünkü burada daha önceki aşamalardan elde edilen gelişmeler değerlendirilmekte ve hayata geçirilmektedir. Bu başarıların sürdürülebilir olması, artırılması ve firma içinde yaygınlaştırılması da yine bu dönemde sağlanır. Analizler sonrasında ilgili aksiyonları almak ve hedefe ulaşmak üzere, kontrol planında ve formlarda gerekli değişiklikler yapılmış ve ara ara tuzak numune gönderme ve formların düzenli ölçümler (kopma frekansı, rezistans sıcaklıkları vb.) alınarak tutulması gibi yöntemlerle validasyon (doğrulama) faaliyetleri yapılmaktadır.

Analizlerin sonucunda, rezistansların, termokuplların (ısı çift) tümü yenilenmiş ve rezistans sıcaklıklarının alt ve üst limitleri değiştirilmiştir. Sabit değerlere set edilmiş, biri o değeri aşmaya yakın, diğer rezistansa geçmesi sağlanmıştır. Bu sayede, rezistans kafa ve burğu sıcaklıkları alt ve üst limitin arasında ortalama sıcaklık değerine yakın seyir etmektedir, buna bağlı olarak PE film kopmaları ciddi oranda azalmaktadır. Aşağıdaki çizelge 4.15'te bundan sonraki süreçte yapılması gereken işlerin kontrol planı bulunmaktadır. Değişimi yapmak, problemi çözmek kadar değişime ayak uydurmak da çok önemlidir. Bunun için de, tüm şirket personelinin desteği ve isteği gerekmektedir.

Çizelge 4.15 Analizler sonucu iş kontrol planı

İş Yapma Planı		İş Denetleme	Sonuçlara Tepki
Süreç Şeması		Anahtar Süreç Göstergeleri	Düzeltilici Faaliyetler
-Üretim Şefi	-Pe Film Operatörü		
Pe Film hattında rezistans sıcaklıkları üzerinde oransal ısı ayarlamalarının yapılması			
Rezistans sıcaklıklarının hangi aralıklarda seyretmesi gerektiğini gösteren prosedür/talimatın hazırlanması ve operatörlerin bilgilendirilmesi	Talimatta yazan limit değerlerine göre rezistans sıcaklıklarının takip edilmesi ve uygun olmayan durumda üretim şefine bilgi verilmesi	Kopma frekansının 'PE Film Üretim Takip Formu' üzerinden takip edilerek raporlanması	Kopmalar arası miktar 70.000 metrenin altına düştüğünde rezistans ayarının yeniden kontrol edilmesi eğer gerekirse diğer parametrelerinin de kontrolünün yapılması

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Günümüzde gittikçe yükselen rekabetçi piyasa koşullarında işletmelerin ayakta kalabilmelerinin tek bir çözümü vardır o da, müşterilerine kulak vermek, başka bir deyişle, müşterinin gerçek ve güncel ihtiyaçlarını doğru anlayarak, müşterinin sesini dinlemektir. Buna bağlı olarak, müşteri ihtiyaçlarını karşılayan kriterlere ve ilgili standartlara uygun, belirtilen tarihte, uygun kalitede, uygun maliyetle ürün ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır. Temel noktada çok basit gibi görünüyorsa da, özellikle büyük işletmelerin günlük iş yoğunluğu içinde atladıkları en kritik parametrelerden birisi, müşterilerinin aldığı hizmet veya ürün hakkındaki fikirleri ve memnuniyet seviyesidir. Müşteriler, şirketin kendisine tutmuş olduğu birer ayna gibidirler. Müşterilerinden gelen tavsiyeler veya eleştiriler doğrultusunda firmalar belki de daha önce hiç görmedikleri bir özelliklerini fark edecek veya eksik noktalarını kapatacaklardır. Netice ne olursa olsun, firmanın faydasına bir gelişim söz konusudur. Altı Sigma yöntemleri de tam bu kısımda kullanılacak müşterinin sesine kulak veren etkin bir yoldur. Altı Sigma sayesinde firmalar, müşterilerinin ihtiyacı olan temel noktaları baz alarak, hali hazırda yürüyen süreçlerini irdeleme, tekrar düzenleme ve çok daha iyi bir evreye geçme olanağına kavuşurlar.

Altı Sigma kaizen yaklaşımı; istikrarlı şekilde iyileştirmeyi sağlamayı hedefleyen, müşteri odaklı, sayısal verilere ve istatistiki analizlere dayanan bir metodolojidir. Altı Sigma projesinin başarılı olması, işlerin akışının ilerlemesi, alıcı beklentilerinin uygun biçimde karşılık bulması, ürün ya da hizmetteki uygun olmayan hususların ve noksanlıkların düşürülmesi, süreç ve hizmetlerin iş ihtiyaçlarını en güzel karşılayacak biçimde oluşturulması, kazancı, ilerlemeyi devamlı tutacak alt yapının ve uygun ekip ile lider sisteminin uygulanması ile sağlanmaktadır.

Altı sigma bakış açısının bir işletmeye uygulanması ve başarılı olabilmesi için, en önemli kriter üst yönetimin bu konuyu desteklemesi, ilgili kritik personelin bulunduğu ekibin kurulması, tüm çalışanların buna inanması ve elinden geleni yapması, beyin fırtınası yapılması ve iyileştirmeler yapıldığında yaygınlaşıp sürdürülebilir olması büyük önem taşımaktadır. Değişim fikri, çoğunlukla şirket personelinin endişelendirmekte ve direnç

göstermesine neden olmaktadır. Fakat, ekipte ve hatta şirkette bir çalışanın bile bu yaklaşıma ve değişime inanmaması tüm sistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Buna ek olarak, altı sigma yaklaşımının uygulanmasının maliyetinin çok kritik önem seviyesine sahip olmamasına karşın, şirketin ekonomik yapısına uyan, müşteri talebine doğrudan karşılık verebilecek mantıklı projelerin seçilmesi de çok önem arz etmektedir.

Tarımsal amaçlı gübre ve zirai ilaçların taşınmasında yaygın kullanılan plastik torba üretiminde de benzer şekilde bir yol izlenmiştir. Periyodik olarak her hafta torba üretim makinelerinde uygun olmayan ürünler arttıkça 6 sigma metotları uygulanmış ve Minitab programında çeşitli analizler yapılarak, farklı operatörlerin farklı zaman aralıklarında makinelerde çalışması sağlanmış ve farklı personeller çıkan ürünlerden aldıkları ölçümleri kayıt altına almışlardır. PE filmlerdeki kopmalar arası miktarların (mt) dağılımı ay bazlı incelenmiş, iyileştirme öncesi ve sonrasındaki rezistans sıcaklık değerleri, aylık kopma durumları ve standart sapmaları değerlendirilmiştir. Problemin temel kaynağını öğrenmek amaçlı balık kılçığı diyagramı ve 5 neden analizi yöntemleri kullanılarak film kopma nedenleri insan, makine, ölçü, malzeme ve çevresel olarak analiz edilmiş ve kök nedeni bulunmaya çalışılmıştır.

Tarımsal amaçlı gübre taşıyan bahse konu dokuma plastik torbaların üretimindeki PE film kopmalarının önüne geçmek için, PE film kopmalarında pareto analizi sonucunda öne çıkan etmenlerden olan soğutucu sıcaklıklarının dağılımına bakıldığında, büyük bir değişkenliğin olmadığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, motor ve şanzıman devirleri ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde, devir sayılarında da sapmanın yüksek olmadığı gözlemlenmiştir. Makine tezgahlarında 4 adet rezistans aşağıda, 3 adet rezistans üstte bulunmaktadır. Problemin ana kaynağı olan rezistans sıcaklıklarında sapmaların fazla olduğu görülmüştür, sıcaklık değerlerinin alt ve üst limiti aştığı tespit edilmiştir. Bu durumda üretim hatlarından alınan verilere ve elde edilen analiz sonuçları dikkate alınarak, optimal olan yeni alt ve üst limitler belirlenmiştir. Her vardiyada hatlardaki rezistans sıcaklıkları kayıt altına alınmıştır. Rezistanstaki set değerleri belirlenmiştir. Üst limit birinci rezistansa Z1 165'e yaklaştıkça durması komutu ayarlanmıştır. Bu durumda diğer rezistansın artması sağlanmış, sonrasında sıcaklık üst limite ulaştığında yine diğer rezistansa geçmesi komutu ayarlanmıştır. Rezistansların içine kirler, yağlar ve tozların

kaçmasından dolayı da hassas okuma yapamadığı tespit edilmiş ve termokapıl (ısı çiftler) ve rezistanslar yenilenmiştir. Bunun sonucunda, yeni rezistansların güncel set değerleri aralığında çalıştığı ve PE film kopmalarının ciddi biçimde azaldığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada altı sigma yaklaşımını kullanarak, istatistiki metotlar ile problemlerin temellerine inerek bilimsel bir yaklaşım uygulanmış, tezgahlarda ilgili ölçümler, veri toplama, analizler ve gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. İşletmenin kronik probleminde, en etkili sonuçların elde edildiği istatistiksel yöntemler ve Minitab araçları; S&S matrisi, pareto diyagramı, sebep-sonuç diyagramları, ANOVA, Interval plot, Box Plot ve I Chart analizleri ön plana çıkmaktadır.

Sonuç olarak, üretimden çıkan final ürünlerin uygunluğunun kontrolünde kullanılan kalite kontrol planında ve ilgili formlarda gerekli değişiklikler yapılmış ve üretim hattına tuzak numuneler gönderilmiş, ayrıca ilgili kontrol formlarına düzenli ölçüm adımları (kopma frekansı, rezistans sıcaklıkları vb.) eklenerek validasyon (doğrulama) faaliyetleri yürütülmüştür. Buna ek olarak, PE Film hattı film kopmaları kaynaklı duruş sürelerinin azaltılarak 24.012 TL/yıl tasarruf sağlanmış, telef miktarının azaltılması ile mali yönden 13.938 TL/yıl tasarruf ile birlikte toplamda 37.950 TL/yıl, başka bir deyişle mali açıdan yıllık %32 tasarruf elde edilmiştir. Buna ek olarak, üretim kaybı %25 (0,004'ten 0,001'e) azaltılmıştır. Yıllık toplam 690.000 metre daha fazla üretim ile beraber, PE film kopmalar arası miktar 27.000 metreden 85.000 metreye çıkarılmıştır. Personele konuyla ilgili farkındalık ve uygulamalı eğitimler verilmiştir. Altı sigma projelerinde, değişimin yapılması kadar önemli olan yegane unsurun, şirketin tüm personeli ve özellikle üst yönetimi tarafından bu değişime ayak uydurulması, desteklenmesi ve sürdürülebilir olması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu projenin ekonomi yönünden neticesine odaklanıldığında, işletme açısından ürün maliyetlerinin karşılanmakla kalınmayıp, ciddi şekilde kar sağlandığı gözlemlenmiştir.

Üretimde problemin olası nedenlerinin ayrıştırılarak, asıl kök nedeninin tespit edilmesi, verilerin objektif, fazla miktarda ve farklı operatörler tarafından alınmasının sağlanması, problemin çözülmesi için denemeler yapılarak önceki verilerle karşılaştırmalı analizler yapılması, geliştirme sonrasında çalışanların değişime direnmesi, ekip ile

koordinasyonun sağlanması, çalışma esnasında karşılaşılan zorlukların başında gelmektedir.

Literatürdeki altı sigma ve plastik ürünlerde yapılan diğer çalışmalardaki sonuçlarla paralel şekilde, altı sigma metotlarının ve yaklaşımının kullanılarak üretimdeki değişkenliğin, sapmaların azaltılması ve kronik problemlerin çözülmesi, üretimde ürün hurda kayıp oranının ciddi şekilde azaltılması ve bu sayede mali kazanç elde edilmesi sağlanmıştır.

5.1 Öneriler

İleride bu tez çalışmasından faydalanılarak, plastik torba veya başka bir sektörde üründeki kronikleşen problemi çözmek için, 6 sigma metodolojisi kullanılarak, üretim proseslerinde, üretim makinelerinde iyileştirmeler yapılması sağlanabilir. Buna ek olarak, örme plastik torba üretiminde diğer bir problem olan, polietilen iç torbanın manuel olarak torbaya geçiriliyor olması da ayrıca maliyet ve zaman kaybına yol açmaktadır. Bu iş için işçiler fiziki olarak çalışmakta ve üretim maliyeti ciddi olarak etkilenmektedir. İç polietilen filmleri otomatik torbaya geçiren üretim hattına ilave bir hat yapılması ihtiyacı bulunmaktadır. Bu konuda otomasyon sistemi olan ilave bir hat, 6 sigma yöntemleriyle fayda-maliyet analizleri yapılarak hayata geçirilebilir.

KAYNAKLAR

- Adams, C.W., Gupta, P. and Wilson C.E., 2003, Six Sigma Deployment, Butterworth-Heinemann An imprint of Elsevier Science, ISBN: 0-7506-7523- 3, 8p.
- Akın, B. 1996. İstatistiksel kalite kontrol teknikleri. Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- Altuğ, M. 2010. Altı sigma proje uygulamalarının işletmelerin kazanımları açısından karşılaştırmalı analizi. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Anonim. 2023a. Web Sitesi: <https://pagev.org/plastik/>. Erişim Tarihi: 15.08.2023.
- Anonim. 2023b. Web Sitesi: <https://pagev.org/plastik/>. Erişim Tarihi: 25.11.2023.
- Anonim. 2024a. Web Sitesi: <https://spac.com.tr/cozumlerimiz/yalin-6-sigma/>. Erişim Tarihi:10.06.2024.
- Anonim. 2024b. Web Sitesi: <https://www.toros.com.tr/> . Erişim Tarihi: 16.07.2024.
- Anonymous. 2023. Web Sitesi: <https://statorials.org/tr/ctq/>. Erişim Tarihi:14.05.2023.
- Arthur, J., 2004, Six Sigma Simplified: Breakthrough Improvement Made Easy 3rd Edition, ISBN: 1-884180-13-2, 17p.
- Atmaca, E. ve Girenes, Ş. 2009. Literatür araştırması: Altı sigma metodolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(3); 111-126.
- Avunduk, H. 2019. Yalın altı sigma: bir pet şişirme makinesinde süreç iyileştirme uygulaması. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 18(70); 633-653.
- Balcı, Ş. 2005. Altı sigma süreç iyileştirme tekniği ve sanayide bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Baş, Türker (2003). Altı Sigma, Kalite Ofisi Yayınları, No:5, Şubat 2003.
- Başaloğlu, C. (2007), Altı sigma ve toplam kalite yönetimi uygulayan işletmelerde altı sigmanın uygulanabilirliği, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- Bayam, B., Oralhan, Z. (2020). Pet şişe şişirme makinelerinde fırın optimizasyonu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (Özel Sayı); 494-504.
- Çalışkan, G. 2006. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 5(17); 60-75.
- Diker, F. 2023. Yalın altı sigma yöntemiyle hata oranlarının azaltılması ve simülasyonu: Değirmen makinaları imalat işletmesi örneği. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Tokat.

- Eckes, G., 2003, Six Sigma for Everyone, John Wiley & Sons, ISBN: 0-471-28156- 5, 36, 61p.
- Evren, E. 2006. Altı sigma metodolojisi ve bir işletmede örnek uygulama. Yüksek Lisans Tezii. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- George, M., 2002, Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed , McGraw-Hill Education , 16 May 2002, 6, 27p.
- Gutierrez L.J., Montes F.J. and Sanchez O.F.B., 2008, Six Sigma: From a Goal Theoretic Perspective to Shared- Vision Development, International Journal of Operations & Production Management, Vol. 29, No. 2, 151-169pp.
- Hann, J.H., Hill, W.J., Hoerl R.W. and Zinkgraf S.A., 1999, The Impact of Six Sigma Improvement: A Glimpse Into The Future of Statistics, The American Statistician, Vol. 53, No. 3, 208-215pp.
- Işığışok, E. 2005. Altı sigma kara kuşaklar için hipotez testleri yol haritası. Sigma Center Yönetim Sistemi Yayınları, Bursa.
- Larson, A., 2003, Demystifying Six Sigma, American Management Association, ISBN 0-8144-7184-6, 69p.
- Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S. ve Choo, A.S. 2003. Six Sigma: A goal-theoretic perspective. Journal of Operations Management, 21; 193-203.
- Özkan, H. 2006. Endüstride altı sigma uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özveri, O. ve Çakır, E. 2012. Yalın altı sigma ve bir uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi, İİBF Dergisi, 14(2).
- Pande, P. ve Holpp, L. 2002. What is six sigma. McGraw-Hill, USA.
- Pande, P.S., Neuman, R.P. ve Cavanagh, R.N. 2003. Six sigma yolu, İstanbul.
- Pearson, T. A. 2001. Measure of Six Sigma success. Quality Progress, 35-40.
- Pyzdek, T. 2001. Six sigma handbook: A complete guide for greenbelts, blackbelts and managers at all levels, McGraw Hill, 181 s., New York.
- Sarman, S., & Soediantono, D. (2022). Literature Review of Lean Six Sigma (LSS) Implementation and Recommendations for Implementation in the Defense Industries. Journal of Industrial Engineering & Management Research, 3(2), 24-34.
- Satı, E.Z., Gülay K. (2012). Altı Sigma Yönteminin Bir Enerji Santralinde Uygulanması, Business and Economics Research Journal, 3(4), 143-163.

- Sevinç, G. 2013. Altı sigma yaklaşımı ile süreç iyileştirme ve otomotiv sektöründe bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Söyü Eren, N. 2017. Süreç İyileştirme Yöntemleri ve Altı Sigma Uygulamaları Bir İşletme Örneği. Yüksek Lisans Tezi. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir.
- Tabak, Ş. 2009. Altı sigma ve bir imalat firmasında uygulanması. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Thomsett Micheal C. Getting Started in Six Sigma [Kitap]. - Hoboken : John Wiley and Sons, Inc., 2005.
- Toker, E. 2023. Bir plastik işletmesinde altı sigma uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Uluskan, M. 2018. Türkiye'nin altı sigma uygulama haritası. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(3); 131-143.