

**SÜREKLİ KALİTE GELİŞTİRMEDE
ENTEGRE BİR YAKLAŞIM**

700605

100605

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Nurhan GEYDİR

F0796Y112

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 31 MAYIS 1999

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 HAZİRAN 1999

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Mehmet TANYAŞ

Diğer Jüri Üyeleri : Doç Dr. İ.Öner GÜNÇAVDI (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. Cengiz KAHRAMAN (İ.T.Ü.)

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

Rekabet edebilmenin sırrının kalite olduğu gerçeği, işletmelerin müşterilerinin memnuniyetlerini arttırmanın yollarını aramalarına ve müşterilerin isteklerini karşılayacak organizasyonları oluşturmaya neden olmuştur. Bu çözümler, Toplam Kalite Yönetiminin doğru olarak anlaşılması ve uygulanması ile mümkündür. Toplam Kalite Yönetiminin temel unsurları ise, müşteri odaklılık, takım çalışması ruhunun benimsenmesi, eğitim ve sürekli gelişimdir.

Kalite kavramını müşterinin sesi olarak tanımladığınızda, kalite geliştirme çalışmalarının müşterinin sesine dayalı olarak yürütülmesi gerekir. Kalite Fonksiyon Açınımı (QFD-Quality Function Deployment), müşteri sesinin yani tercihlerinin, ürün ve üretim sistemi tasarımı parametrelerine dönüştürme yöntemidir. Bu şekilde ürün ve üretim sistemi ile ilgili en önemli teknik parametreler belirlenir. Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA-Failure Modes and Effect Analysis), tasarım veya süreçlerdeki hataların, nedenlerin ve önleme şekillerinin belirlenmesine yönelik bir tekniktir. Böylece en fazla önem arzeden hatalar belirlenerek giderilmeye çalışılır. Deneysel Tasarım (DOE-Design of Experiments), hataların ortadan kaldırılması ve kalitenin geliştirilmesi amacıyla, etkin bir deney tasarımı metodolojisinin uygulanmasını, bu uygulamalardan elde edilen sonuçlar ise sistemlerin yeniden yapılandırılmasını öngörür.

Yukarıda belirtilen üç yaklaşımın ardışık ama entegre bir biçimde uygulanması, müşteri sesine dayalı olarak üretim sistemimizde geniş bir açıdan bakmamızı, en problemlı noktaların belirlenmesi ve geliştirilmesini sağlayacaktır. Bu entegre yaklaşım, Erciyas Biracılık ve Malt Sanayii A.Ş.'de bir ürün grubu için uygulanmaya çalışılmıştır.

Çalışmalarımın tüm aşamalarında, bilgi ve fikir katkısını esirgemeyen danışman hocam Doç Dr. Mehmet TANYAŞ'a,

Araştırma imkanı sağlayan Erciyas Biracılık A.Ş.'ye, çalışmalarımızı beraber yürüttüğümüz QFD ve FMEA ekip üyelerine,

Maddi ve manevi desteklerini sürekli yanımda hissettiğim aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. KALİTE YÖNETİMİ	2
2.1 KALİTE KAVRAMI	2
2.2 KALİTE TİPLERİ	5
2.3 KALİTE ANLAYIŞININ GELİŞİMİ	6
2.4 TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ	8
2.5 KALİTE GÜVENCE SİSTEMİ	12
2.5.1 Kalite Güvencesi Kavramı	12
2.5.2 ISO 9000 Kalite Yönetimi	13
2.5.3 ISO 14000	16
2.5.3.1 Kar Artışı	17
2.5.3.2 Operasyonlar	18
2.5.3.3 Pazarlama	18
2.5.3.4 Düzenleyici Kurallara Uyum	18
2.5.3.5 Toplumsal	19
2.6 KALİTE ARAÇLARI	21
2.6.1 Geleneksel Kalite Araçları	21
2.6.1.1 Histogram	22
2.6.1.2 Sebep - Sonuç Diyagramları	23
2.6.1.3 Pareto Diyagramı	24
2.6.1.4 Kayıt Formları	25
2.6.1.5 İş Grafikleri	25
2.6.1.6 Serpme Diyagramları	26
2.6.1.7 Kontrol Diyagramı	27
2.6.2 Yeni Kalite Teknikleri	28
2.6.2.1 Yakınlık Diyagramı	28
2.6.2.2 İlişki Diyagramı	30
2.6.2.3 Ağaç Diyagramı	32
2.6.2.4 Matris Diyagramı	33
2.6.2.5 Matris Veri Analizi	35
2.6.2.6 Proses Karar Diyagramı	36
2.6.2.7 Ok Diyagramı	37

2.7 KALİTE GELİŞTİRME	39
2.7.1 Sürekli Gelişim	40
2.7.2 Kaizen Kavramı	42
2.7.3 Kalite Geliştirme Prosesi	43
2.7.3.1 İstatistiksel Proses Kontrolü	44
2.7.3.2 Güçlü Tasarım	45
2.3.7.3 Kalite Fonksiyon Açınımı	46
2.3.7.4 Hata Ağacı Analizi	46
2.3.7.5 Hata Türü ve Etkileri Analizi	46
2.3.7.6 Yalın Üretim	46
2.3.7.7 Eşzamanlı Mühendislik	47
2.3.7.8 Poka-Yoke	47
2.3.7.9 Deneysel Tasarım	48
2.3.7.10 Shainin	48
2.3.7.11 Öneri Sistemi	48
3.KALİTE FONKSİYON AÇINIMI (QFD)	49
3.1 KALİTE FONKSİYON AÇINIMI KAVRAMI	49
3.2 KALİTE FONKSİYON AÇINIMININ GELİŞİMİ	51
3.3 KALİTE FONKSİYON AÇINIMININ FAYDALARI	52
3.4 KALİTE EVİ (HOUSE OF QUALITY)	53
3.5 KALİTE EVİNİN ANALİZİ	63
3.6 ÖRNEK QFD UYGULAMALARI	66
3.6.1 Bir Lazer Yazıcı için QFD Çalışması	66
3.6.2 Arçelik' te QFD Uygulaması	75
3.6.3 Vitra'da QFD Uygulaması	83
4.HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ (FMEA)	88
4.1 HATA TÜRLERİ VE ETKİLERİ ANALİZİ KAVRAMI	88
4.2 HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NİN GELİŞİMİ	90
4.3 HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NİN FAYDASI	91
4.4 FMEA ÇEŞİTLERİ	93
4.4.1 Tasarım FMEA	95
4.4.2 Proses FMEA	96
4.5 FMEA UYGULAMA SÜRECİ	97
4.5.1 Hazırlık Çalışmaları	98
4.5.2 Analiz Faaliyetleri	99
4.5.2.1 Olası Hata Türü	99
4.5.2.2 Olası Hata Etkileri	101
4.5.2.3 Olası Hata Sebebi	102
4.5.2.4 Hata Keşfetme	102
4.5.3 Değerlendirme	103
4.5.3.1 Hatanın Ortaya Çıkma Olasılığı (O)	103
4.5.3.2 Hatanın Şiddeti (Ş)	104
4.5.3.3 Hatanın Keşfedilebilirliği (K)	105
4.5.3.4 Risk Öncelik Göstergesi (RÖG)	105
4.5.3.5 Düzeltici Önlemler	106
4.5.4 İzleme ve Uygulama	108
4.5.5 Doğrulama	108

4.6 ÖRNEK FMEA UYGULAMALARI	108
4.6.1 Tasarım FMEA Uygulaması	108
4.6.2 Proses FMEA Uygulaması	119
5.DENEYSEL TASARIM (DOE)	131
5.1 DENEYSEL TASARIM KAVRAMI VE GELİŞİMİ	131
5.1.1 Giriş	131
5.1.2 Deneysel Tasarım Kavramı	132
5.1.3 Gelişimi	133
5.2 DENEYSEL TASARIMIN AMACI ve FAYDALARI	134
5.3 TAGUCHI’NİN KALİTE FELSEFESİ	136
5.3.1 Geleneksel ve Taguchi’nin Kayıp Fonksiyonu	137
5.3.2 Taguchi’nin Kayıp Fonksiyonu	137
5.3.3 Çevrim İçi ve Çevrim Dışı Kalite Kontrol	140
5.3.3.1 Çevrim İçi (On-Line) Kalite Kontrol	141
5.3.3.2 Çevrim Dışı (Off-Line) Kalite Kontrol	141
5.4 DİĞER KAVRAMLAR	143
5.4.1 Proses İyileştirme	145
5.4.2 DOE Modeli	145
5.4.3 DOE ve Faktör Tabanlı Karar Verme	147
5.4.3.1 Başlangıç	148
5.4.3.2 Deneyin Tanımlanması	154
5.4.3.3 Deneyin Planlanması	155
5.5 VARYANS ANALİZİ (ANOVA-Analysis of Variance)	157
5.5.1 Yönsüz ANOVA	157
5.5.1.1 Kareler Toplamı	157
5.5.1.2 Serbestlik Derecesi	159
5.5.1.3 Hataya Göre Varyans	159
5.5.2 Tek Yönlü ANOVA	160
5.5.3 F testi ile Varyansların Karşılaştırılması	162
5.5.4 İki Yönlü ANOVA	163
5.5.4.1 İki Yönlü ANOVA’da Kareler Toplamı	165
5.5.4.2 İki Yönlü ANOVA’da Serbestlik Dereceleri	166
5.5.4.3 Üç Yönlü ANOVA	167
5.5.5.1 Üç yönlü ANOVA’da Kareler Toplamı	168
5.5.5.2 Üç yönlü ANOVA’da Serbestlik Derecesi	170
5.6 İSTATİSTİKSEL DENEY TASARIMI	171
5.6.1 Tam Faktör Deneyler (Full Factorial Experiments)	172
5.6.2 Kesirli Faktöriyel Deneyler (Fractional Factor Experiments)	181
6.UYGULAMA	188
6.1 UYGULAMA KAPSAMI	188
6.2 İŞLETMENİN TANITIMI	189
6.3 ÜRÜN PROSES TANITIMI	189
6.3.1 Bira Tanımı	189
6.3.2 Şıranın Hazırlanması	190
6.3.2.1 Öğütme	190
6.3.2.2 Mayşeleme	191
6.3.2.3 Süzme	192

6.3.2.4 Kaynatma	192
6.3.2.5 Şıranın Durulaştırılması ve Soğutulması	193
6.3.3 Fermantasyon	194
6.3.4 Dinlendirme	195
6.3.5 Filtrasyon ve Dolum	196
6.4 EFES PİLSEN ŞİŞE NORMAL BİRA İÇİN QFD UYGULAMASI	197
6.4.1 Proje Amacı	197
6.4.2 Müşteri İsteklerinin ve Bunların Önem Derecelerinin Belirlenmesi	197
6.4.2.1 Focus (Odak grubu) Çalışması	198
6.4.3 Teknik Özelliklerin Belirlenmesi ve Müşteri İstekleri ile Arasındaki İlişkilerin Tanımlanması	202
6.4.3.1 İlişki Matrisi	202
6.4.3.2 Teknik Göstergeler Arası İlişkilerin Belirlenmesi	203
6.4.3.3 Müşterilerin Rekabete Yönelik Konumlandırmaları	205
6.4.3.4 Teknik Göstergelere Göre Konumlandırma	205
6.4.4 Kalite Evinin Tamamlanması	206
6.4.5 Kalite Evinin Analizi	209
6.5 EFES PİLSEN ŞİŞE NORMAL BİRA İÇİN FMEA UYGULAMASI	209
6.5.1 Proje Amacı	209
6.5.2 PU'nun Tanımlanması ve PU Prosesi	210
6.5.3 PU'nun Fonksiyonlarının Belirlenmesi	213
6.5.4 Risk Öncelik Göstergesinin Hesaplanması	213
6.5.4.1 Hata Türleri, Etkileri ve Sebeplerinin Belirlenmesi	213
6.5.4.2 Değerlendirme Kriterlerinin Tanımlanması	219
6.5.5 FMEA Tablolarının Analizi	220
SONUÇLAR ve ÖNERİLER	227
EKLER	
EK A - L16 TABLOSU	230
EK B- F TABLOLARI	231
EK C- TASARIM DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ	233
EK D- PROSES AKIŞ ŞEMASI	235
EK E-FOCUS ÇALIŞMASI AKIŞ PLANI	248
KAYNAKLAR	250
ÖZGEÇMİŞ	253

KISALTMALAR LİSTESİ

ANOVA	Varyans Analizi
ASQC	Amerikan Kalite Kontrol Derneği
DIN	Alman Standartlar Enstitüsü
DOE	Deneysel Tasarım
EOQC	Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu
FMEA	Hata Türü ve Etkileri Analizi
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu
JIS	Japon Sanayi Standartları Komitesi
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
RÖG	Risk Öncelik Göstergesi
SPC	İstatistiksel Proses Kontrolü
QFD	Kalite Fonksiyon Açınımı
VOC	Müşterinin Sesi
WBS	İş Analizi ve Tasnifi

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Genişletilmiş Süreç	5
Şekil 2.2 Kalite Anlayışının Değişmesi	7
Şekil 2.3 Yönetimde Değişim Döngüsü	9
Şekil 2.4 Toplam Kalite Yönetiminin Felsefesi ve İlkeleri	10
Şekil 2.5 Ekmek ağırlıklarının histogramı	23
Şekil 2.6 Sebep-sonuç diyagramı	24
Şekil 2.7 Hatalı Şaft Çapı için Pareto Diyagramı	24
Şekil 2.8 İş Grafiği Örneği	26
Şekil 2.9 Serpme Diyagramı Örneği	26
Şekil 2.10 Karşılaşılabilecek Serpme Diyagramlar	27
Şekil 2.11 Ortalama Kontrol Diyagramı Örneği	28
Şekil 2.12 Yakınlık Diyagramı Örneği	30
Şekil 2.13 İlişki Diyagramı	31
Şekil 2.14 Ağaç Diyagramı	33
Şekil 2.15 Hatalı bir şaft için L tipi matris örneği	34
Şekil 2.16 Matris veri analizi örneği	36
Şekil 2.17 Proses Karar Diyagramı	37
Şekil 2.18 Ok Diyagramı örneği.	38
Şekil 2.19 Kalite Sorunları	40
Şekil 2.20 Kanıksanan Hata düzeyi gelişimi	41
Şekil 2.21 Deming Çevrim	44
Şekil 2.22 Kalite Haritası	44
Şekil 2.23 Rekabetçi Çaba	45
Şekil 2.24 Değişen Mühendislik Yaklaşımı	47
Şekil 3.1 QFD'nin diğer kalite teknikleri ile etkileşimi	50
Şekil 3.2 Kalite Evi Matrisi	54
Şekil 3.3 Bir kahve fincanı için Müşterinin İsteddiği Nitelikler	56
Şekil 3.4 Kahve bardağı ile ilgili müşteri bilgileri	57
Şekil 3.5 Müşteri ihtiyaçlarını teknik ihtiyaçlara dönüştürme	58
Şekil 3.6 İlişkiler ve rekabet bilgilerini içeren matrisler	59
Şekil 3.7 Kalite Evi	62
Şekil 3.8 Kalite Evinin Analizi	65
Şekil 3.9 Lazer Yazıcı için Müşteri Beklentileri ve Mühendislik Özelliklerinin Kalite Evinde Gösterimi	68
Şekil 3.10 Kalite Evi: NASIL' ların, NE' lerin Üzerindeki Etkisi ve Bu Etkinin Derecesi	70

...

Şekil 3.11 Kalite Evi: Çatı ve Tasarım Hedefleri	71
Şekil 3.12 Kalite Evi: Mühendislik ve Tüketici Değerlendirmeleri	72
Şekil 3.13 Birbirine Bağlanan Evlerin Tüketicinin Sesini İmalata Taşması	73
Şekil 3.14 Kalite Evi : Parça Dökümü	74
Şekil 3.15 Kalite Evi: Süreç Planlaması	74
Şekil 3.16 Kalite Evi: Üretim Planlaması	75
Şekil 3.17 Odak Grubu Çalışmaları	79
Şekil 3.18 Kalite Planı	81
Şekil 3.19 Kalite Evi	82
Şekil 3.20 Kalite Planı	85
Şekil 3.21 Kalite evi	87
Şekil 4.1 Toplam Kalite Sisteminde FMEA'nın Rolü	89
Şekil 4.2 On'a katlanma kuralı	93
Şekil 4.3 FMEA Çeşitleri	94
Şekil 4.4 Örnek FMEA yapısı	96
Şekil 4.5 FMEA Uygulama Planı	98
Şekil 4.6 Müşteriden hata sebeplerine ulaşma	100
Şekil 4.7 FMEA'yöntemi	100
Şekil 4.8 Fonksiyon Matrisi	110
Şekil 4.9 Fonksiyon Matrisi	121
Şekil 5.1 ABD ve Japonya'da ki kalite ilerlemesinde kullanılan çeşitli yöntemlerin katkıları	132
Şekil 5.2 Proses Geliştirme Süreci ve Deneysel Tasarımın Rolü	135
Şekil 5.3 Geleneksel Kayıp Fonksiyonu	137
Şekil 5.4 Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu (Nominal daha iyidir)	138
Şekil 5.5 Diğer Kayıp Fonksiyonları	139
Şekil 5.6 Üretim Kalite Çemberi	140
Şekil 5.7 Çevrim Dışı Kalite Kontrolünün Aşamaları	142
Şekil 5.8 DOE'nin Uygulanış Modeli	144
Şekil 5.9 Deneysel Tasarım Prosesi	146
Şekil 5.10 Faktör Tabanlı Karar Vermede Deneysel Tasarım Kullanımının Bilimsel Metodu	148
Şekil 5.11 Deneysel Tasarımda Başlangıç	149
Şekil 5.12 Proses Tipleri	150
Şekil 5.13 Proses Analizini Aşamaları	151
Şekil 5.14 Deneylerin, işletme amaç, hedef ve vizyonları üzerindeki yeri	154
Şekil 5.15 Tipik WBS Seviyeleri	156
Şekil 5.16 Serbestlik Derecesi	159
Şekil 5.17 A faktörünün Etkileşimsiz Değişimi	164
Şekil 5.18 Pil Dayanımının Sıcaklık ve Malzeme Tipine Göre Değişimi	167
Şekil 5.19 Normal Olasılık Grafiği (NOG) -nomogram	175
Şekil 5.20 AB etkileşimi	176
Şekil 5.21 Normal Olasılık Grafiği	177

Şekil 5.22 Normal Olasılık Grafiği	186
Şekil 5.23 Pişme süresi AB etkileşimi	187
Şekil 6.1 Sürekli Gelişim Modeli	189
Şekil 6.2 Efes Pilsen Bira Üretim	190
Şekil 6.3 Bira için Aroma Tekerleği	199
Şekil 6.4 Müşterilerin ideal biradan beklentilerinin önem dereceleri	200
Şekil 6.5 İlişki Matrisi	203
Şekil 6.6 Teknik Göstergeler Arası Korelasyon Matrisi	204
Şekil 6.7 Müşterilerin Rekabete Yönelik Değerlendirmesi	205
Şekil 6.8 Teknik Göstergelere Göre Konumlandırma	206
Şekil 6.9 Sütun Ağırlıklarının Hesaplanması	207
Şekil 6.10 Efes Pilsen Şişe Normal Bira İçin Kalite evi	208
Şekil 6.11 Pastörizasyon İşlemi Modeli	210
Şekil 6.12 Örnek PU değerleri	212



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Kullanıcıların Kalite Tanımları	2
Tablo 2.3 Japon Toplam Kalite Kontrol Sistemi	11
Tablo 2.4 Kalite Araçlarının Kullanım Aşamaları	22
Tablo 2.5 Kayıt Formu Örneği	25
Tablo 2.6 Kaizen ve Yenilik	43
Tablo 3.1 Kalite Fonksiyon Açınımının Faydaları	52
Tablo 3.2 Kalite evinde Kullanılan Semboller ve Anlamları	58
Tablo 4.1 Hataların Sınıflandırılması	103
Tablo 4.2 Hata Olasılık Değerlendirme Tablosu	104
Tablo 4.3 Hata Şiddeti Değerlendirme Tablosu	104
Tablo 4.4 Hatanın Keşfedilebilirliğinin Değerlendirilmesi	105
Tablo 4.5 Proses FMEA’ında kullanılabilecek düzeltici faaliyetler	107
Tablo 4.6 Tasarım FMEA’ında kullanılabilecek düzeltici faaliyetler	108
Tablo 4.7 Şiddetlerin Sınıflandırılması	115
Tablo 5.1 Müşterilerin Sesi Tablosu	149
Tablo 5.2 WBS seviyeleri	154
Tablo 5.3 Akış Hızları	156
Tablo 5.4 Test Verileri	160
Tablo 5.5 ANOVA Tablosu	161
Tablo 5.6 İki Faktörlü ANOVA verileri	163
Tablo 5.7 Test Verileri	164
Tablo 5.8 ANOVA tablosu	166
Tablo 5.9 Deney Verileri	167
Tablo 5.10 Etkileşimlere ait veriler	168
Tablo 5.11 Üç faktörün etkileşimlerinin verileri	168
Tablo 5.12 Üç Yönlü ANOVA Sonuç Tablosu	170
Tablo 5.13 2 seviyeli ve 3 faktörlü deney düzeneği	171
Tablo 5.14 Deney Sonuçları Tablosu	172
Tablo 5.15 L8 Hesap Tablosu	173
Tablo 5.16 Örnek L8 Hesap Tablosu	173
Tablo 5.17 Deney Verileri	178
Tablo 5.18 Etkileşimlere ait veriler	178
Tablo 5.19 Üç faktörün etkileşimlerinin verileri	179
Tablo 5.20 ANOVA tablosu	179

Tablo 5.21 Kesirli Faktöriyelde kullanılan Tasarım Dönüştürücüleri.	181
Tablo 5.22 2^{3-1} için özdeş kolon ve eşadlar	182
Tablo 5.23 Deney Düzenegi	183
Tablo 5.24 2^{4-1} Deney planı ve gözlem değerleri ortalamaları	183
Tablo 5.25 Örnek için L8 tablosu	184
Tablo 5.25 AB etkileşimi	184
Tablo 6.1 Olası Tüketici Kriterleri	197
Tablo 6.2 Bira Üretimi Teknik Standartları	198
Tablo 6.3 Sosyal Sınıf Tanımları	200
Tablo 6.4 Focusdaki Tüketicilere Göre Önem Dereceleri	201
Tablo 6.5 Teknik Elemanların, Müşteri Gözüyle Önem Dereceleri	201
Tablo 6.6 Müşteri İstekleri ve Önem dereceleri	202
Tablo 6.7 Farklı Sıcaklıklarda L(t) Değerleri	211
Tablo 6.8 Hata Olasılık Değerlendirme Tablosu	219
Tablo 6.9 Hata Şiddeti Değerlendirme Tablosu	219
Tablo 6.10 Keşfedilebilirlik Değerlendirme Tablosu	219



SÜREKLİ KALİTE GELİŞTİRMEDE ENTEGRE BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Rekabet edebilmenin sırrının kalite olduğu gerçeği, işletmelerin müşterilerinin memnuniyetlerini arttırmanın yollarını aramalarına ve müşterilerin isteklerini karşılayacak organizasyonları oluşturmaya neden olmuştur. Bu çözümler, Toplam Kalite Yönetiminin doğru olarak anlaşılması ve uygulanması ile mümkündür.

Toplam Kalite Yönetiminin önemli unsurlarından biri olan, müşteri odaklılık, ürünlerin tasarımından üretimi ve pazarlanmasına kadar geçen tüm girişimlerin, müşterinin istek, ihtiyaç ve beğenilerine uygun olarak yapılmasıdır. Müşterilerin sesinin anlaşılması için geliştirilen ve başarılı sonuçlar veren Kalite Fonksiyon Açınımı-QFD önemli bir anahtar araçtır.

QFD ile, müşteri sesinin çok yönlü olarak algılanması, müşterilerin itibar etmediği ürün fonksiyonlarının öneminin azaltılması ile maliyet azalmasını bile sağlayabilir. Müşterilerin önem verdiği ürün fonksiyonlarının geliştirilmesi ise müşteri memnuniyetinin ve buna bağlı olarak kar artışına sebep olur. Ürünün geliştirilmesi, ürünün fonksiyonlarının geliştirilmesi, ürün hataların azaltılması ile mümkündür. Bu noktada, Hata türü ve Etkileri Analizi-FMEA devreye girer.

FMEA, olası veya bilinen hata türlerini belirler ve bu tür hataları önleyici çalışmalar geliştirir. Bu geliştirme işlemlerinde, hatayı oluşturan parametrelerin tasarımı da önemlidir. Bu aşamada Deneysel Tasarım-DOE kullanılır.

DOE, ürün üzerinde değişkenliklere neden olan parametrelerin geliştirilmesi esastır. Bu değişkenlik azaltımı, kalitenin, karın ve pazar payının artmasına olanak verir.

Pareto mantığına dayalı yani bütünü oluşturan elemanlar içerisinde yüksek öneme sahip olanlarına yönlendiren bu 3 tekniğin ardışık ama etkileşimli olarak uygulanması, gereksiz ve zamansız geliştirme çabalarının da önüne geçer. Bu ise kalite geliştirme maliyetlerinde azaltılması demektir. Bu tekniklerin asıl amacı kalitesizlik maliyetlerinin azaltılmasıdır.

Tezin giriş bölümünden sonra, Bölüm 2’de, kalite kavramı ele alınmış, kalitenin gelişimi ve bu gelişim süerci içerisinde kullanılan kavramlar, kalite savaş araçları da denilen teknik ve yöntemler tanıtılmıştır.

Ardışık ve etkileşimli olarak kullanılacak olan 3 tekniğin ilk halkası olan QFD’nin gelişimi, kalite evi kavramı ve örnek QFD uygulamaları Bölüm 3’de yer almaktadır.

Bölüm 4’de FMEA kavramı, bu tekniğin gelişimi ve örnek uygulamalarından bahsedilmiştir.

Bölüm 5’de Deneysel Tasarım kavramı, bazı istatistiksel kavramlar ve varyans analizi, Taguchi’nin kalite anlayışı, tam ve kesirli deneyler ve deney tasarımı örnekleri yer almaktadır.

Bölüm 6, önerilen bu entegre yaklaşımın Erciyas Biracılık ve Malt Sanayi A.Ş.’de bir ürün grubu için uygulanmasını içermektedir.

Son bölümde ise bu uygulamanın sonuçları ve getirilen öneriler ile kullanılan entegre modele genel bir bakış yer alır.



AN INTEGRAL APPROACH FOR CONTINUOUS QUALITY IMPROVEMENT

SUMMARY

The fact that quality is a must to compete well, has caused companies to try to find out how to increase customer satisfaction and generate organizations which can respond customer expectations. These solutions are possible by understanding and applying Total Quality Management (TQM) correctly

Customer focused approach, which is one of the important factors of TQM, means each step of business processes (design, production, marketing, etc.) must be performed according to customers' requirements, expectations and delights. Quality Function Deployment (QFD) is an important key tool that is used for hearing and understanding Voice of Customer (VOC).

QFD can even provide cost reduction by eliminating unnecessary product functions and perceiving customer's voice from different points. Improving product functions that more important for customers, generates customer satisfaction and so profit increase. Product improvement depends on reduce of product defects and this is involved in Failure Modes and Effect Analysis (FMEA).

FMEA determines probable or known failure modes and makes preventive studies. In these studies, design of defect creative parameters is also important. At this point, DOE is used.

DOE is based on improving parameters which cause variability an product. Variability reduction provides increase of quality, profit and market share.

When these 3 methods above based on Pareto's philosophy, are applied serial and interactive unnecessary improvement efforts are eliminated. So that quality improvement costs reduce. The basic goal of these techniques is reduction of low quality cost.

After the 1st Chapter, in Chapter 2 includes quality term, its history and techniques and methods known as quality guns.

In Chapter 3, QFD, House of Quality term and QFD application examples take place.

In Chapter 4, FMEA term, its history and application examples take place.

5th Chapter consists of DOE term, some statistical terms and analysis of variance (ANOVA), Taguchi's quality approach, full and fractional factorial experiments and examples of experimental design.

Chapter 6 includes an application of this integral approach to Erciyas Brewery Co.

In the last chapter the consequences of this application, recommendations and a general view are stated.



1. GİRİŞ

İşletmelerin hayatta kalabilmeleri için harcamaları gereken çaba gün geçtikçe artmaktadır. Rekabetin kalite, hız ve fiyat üçgeninde yoğunlaşması, şirketleri bu üç unsurda da güçlü olmayı sağlayabilecekleri Toplam Kalite Yönetimi-TKY felsefesini benimsemelerine zorlamaktadır.

TKY'nin en önemli unsuru ise müşteri odaklılığıdır. Müşterilerin sadece bugünkü beklentilerini karşılamak yeterli olmamakta, gelecekteki ihtiyaçları bugünden tespit etmek gerekmektedir.

Toplam Kalite Yönetimi düşüncesinin altında yatan QFD, FMEA, DOE gibi bir çok teknik, sadece ürün kalitesini arttırmayı hedeflemez, bu çalışmaların yapılması sırasında, organizasyonun kalitesi olarak tarif edebileceğimiz parametrelerde de iyileştirmeler sağlar.

Geliştirilen ve bir çok firmada kullanılan ve “kalite savaş araçları” da denilen bu tekniklerin birçoğu, Pareto esasına dayanan, bütünü oluşturan elemanların en önemli parametrelerini bulunarak onlar üzerinde yoğunlaşılmasını ve geliştirilmesini sağlayan, içerisinde birçok bilgi içeren uygulamadır.

2. KALİTE YÖNETİMİ

2.1 KALİTE KAVRAMI

Günümüzdeki teknik ve ekonomik gelişmelerin üretimden başlayıp tüketimle son bulan süreç içerisindeki yol açtığı değişimler, ürün kalitesinin önemini arttırmış, “kalite” olgusunu mühendisin, üreticinin, tasarımcının, yöneticinin, girişimcinin ve tüketicinin kısaca herkesin meselesi haline getirmiştir.

Kalite kavramı, değişen dünya şartları çerçevesinde zamanla farklılaşmıştır. 90’lı yılların sonunda kabul gören kalite kavramı, J.M.Juran’ın kısaca ifade ettiği biçimde “kullanıma uygunluktur”. Tablo 2.1 farklı kullanıcıların kullanıma uygunluk ya da kaliteyi tanımlamalarını göstermektedir.

Tablo 2.1 *Kullanıcıların Kalite Tanımları*

KULLANICI	KULLANIMA UYGUNLUK
İmalatçı	Düşük maliyetli, yüksek verimli ve en az hurdaya neden olacak hammadeler
Alıcı veya tüccar	Doğru etiketlenmiş ve tariflenmiş, taşıma ve depolama süresince iyi korunmuş, istendiği zaman kolayca erişilebilen mallar
Son kullanıcı	Beklenen faaliyetleri yerine getiren ve beklenen süre içerisinde bozulmayan ürün

Herbir kalite tanımının birbirinden farklı olması çok doğaldır çünkü kalite çok boyutlu bir kavramdır. Nasıl ki bir ağacın etrafında halka oluşturmuş insanların yaptıkları ağaç resimleri birbirinden farklı ve bir o kadar doğru ise kalite de bir çok uzman hatta bizler tarafından da farklı tanımlanır. Aşağıda kalite kavramının gelişmesinde önemli yer tutan uzmanların ve organizasyonların kalite tanımları verilmiştir.

- Kalite, kullanıma uygunluktur (J.M. Juran).
- Kalite, bir ürünün gerekliliklere uygunluk derecesidir (P.Crosby).
- Kalite, iyileştirilebilen herşeydir (Imai)
- Kalite, ürünün sevkiyattan sonra toplumda neden olduğu minimal zarardır (G.Taguchi).
- Kalite, ürünün veya hizmetin tüketiciyi tatmin etmek için sahip olduğu özelliklerdir (K.Ishikawa).
- Bir ürün veya hizmetin kalitesi, tüketici gereksinimlerini mümkün olan en ekonomik düzeyde karşılamayı amaçlayan pazarlama, mühendislik, imalat ve kalitenin idamesi özelliklerin bileşimidir (Feigenbaum).
- Bir örgütün kalite amaçlarını gerçekleştirmek amacıyla tüm görevlerin veya fonksiyonların yerine getirilmesidir (Caplen).
- Kalite, bir mal ya da hizmetin belirli bir gerekliliği karşılayabilme yeteneklerini ortaya koyan karakteristiklerin bileşkesidir (Amerikan Kalite Kontrol Derneği-ASQC).
- Kalite, bir malın ya da hizmetin tüketicinin isteklerine uygunluk derecesidir (Avrupa Kalite Kontrol Organizasyonu- EOQC).
- Kalite, ürün ya da hizmeti ekonomik yoldan üreten ve tüketici isteklerine cevap veren bir üretim sistemidir (JIS-Japon Sanayi Standartları Komitesi).
- Kalite, bir ürün ya da hizmetin belirlenen veya olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özelliklerin toplamıdır (ISO 8402) Kalite, bir ürün veya faaliyetin öngörülen talepleri yerine getirmesini sağlayan karakteristik ve özelliklerin bütünüdür (Alman Standartlar Enstitüsü-DIN).

Yukarıdaki tanımlardan da anlaşılacağı gibi, kalite “en iyi” demek değildir. Kalite, bir ürün ya da hizmet hakkında müşteri veya kullanıcıların bir yargısıdır; hizmet ya da üründen beklentilerinin karşılanma ölçüsüdür.

Kaliteyi çok boyutlu yapan 8 farklı bakış noktası vardır (GARVIN, 1987).

1. Performans: Üründe bulunan birincil özelliklerdir. Örneğin, veri değerlendirme yapan bir yazılımdan ilk beklenen işlem hızının yüksek olması ve veri işleme kapasitesinin fazla olmasıdır.
2. Diğer Unsurlar: Ürünün çekiciliğini sağlayan ikincil özelliklerdir. Örneğin, havayollarının birincil fonksiyonu, zamanında ve güvenli yolcu taşıma iken ikincil faktörler limitsiz içecek ve canayakın servis olabilir.
3. Uygunluk: Spesifikasyonlara, belgelere ve standartlara uygunluktur. Örneğin, gıda ürünlerinde TSE standardının aranması.
4. Güvenilirlik: Ürünün kullanım ömrü içinde performans özelliklerinin sürekliliğidir.
5. Dayanıklılık: Ürünün kullanılabilirlik özelliğinin sürekliliğidir.
6. Hizmet Görürlük: Ürüne ilişkin sorun ve şikayetlerin kolay çözülebilirliğidir.
7. Estetik: Ürünün duylara seslenebilme yeteneğidir. Örneğin, tamamen doğal bir gıda ürünü geliştiren bir firma, ürünün rengini taze görünümlü yapmak çabasıdadır.
8. İtibar: Ürünün geçmiş performansıdır. Örneğin, dijital fotoğraf makinası satın alırken insanların çoğu, daha önce kullandığı ve performansından memnun kaldığı markanın yeni modelini tercih eder.

Kalite, bir işletmenin genişletilmiş sürecinin (Şekil 2.1) sonsuz iyileştirme çalışmasıdır. Genişletilmiş süreç; işletmenin, tedarikçi, müşteri, yatırımcı, çalışanlar ve toplum ile bütünleşik olduğu gerçeğidir (GITLOW,1989).

Genişletilmiş süreç, müşteri gereksinimlerinin işletmeye bildirilmesi ile başlar, işletmenin en önemli hedefi müşterinin tatmin edilmesidir. Bunun için; bir işletme ürün veya hizmetinin performansını sürekli olarak belirleyecek sürece sahip olmalı ve müşteri tatminini arttıracak yeni karakteristikleri belirleyecek araştırma çalışmalarını yürütmelidir. İşletme, müşteri gereksinimlerini ve beklentilerini tedarikçilere bildirir. İşletme ve tedarikçi, daha kaliteli ürün veya hizmet üretmek ve süreçte iyileştirmeler yapmak için beraberce çalışırlar.



Şekil 2.1 Genişletilmiş Süreç (GITLOW,1989)

2.2 KALİTE TİPLERİ

Genişletilmiş süreçte kaliteyi iyileştirmek amacıyla olan yöneticilerin, kalitenin aşağıdaki üç tipini gözönüne almaları gereklidir (BOZKURT,1994).

- Üretim öncesi aşama (Tasarım/Yeniden tasarım)
- Üretim aşaması (Uygunluk)
- Üretim Sonrası Aşama (Performans)

Tasarım kalitesi, müşteri araştırmaları ve satış ziyaretleri ile başlar ve müşteriye tatmin edecek bir ürün veya hizmet kavramının belirlenmesi ile devam ettirilir. Daha sonra ürün veya hizmet kavramı için spesifikasyonlar hazırlanır. Genişletilmiş süreç anlamında, tasarım mühendisliği pazarlama bölümünün müşterisi olacaktır.

Uygunluk kalitesi, işletmenin ve tedarikçilerinin müşteri gereksinimlerini karşılamak için gerekli olan tasarım spesifikasyonlarını karşılayabilme ölçüsüdür.

Performans kalitesi, işletmenin ürünlerinin ya da hizmetlerinin pazardaki performans düzeylerinin müşteri araştırmaları ile belirlenmesidir. Bu belirleme çalışmaları satış sonrası hizmet, bakım, güvenilirlik, lojistik destek analizi ile müşterilerin neden firmanın ürün ya da hizmetini satın almadıklarının araştırılmasıdır.

2.3 KALİTE ANLAYIŞININ GELİŞİMİ

Kalite sorunu tarih boyunca insanların aklını kurcalayan bir konudur. Eski Mısırlılar anıt mezarların yapımında kullanılan taşların uygun biçimde yontulmasına ve birleştirilmesine özen göstermişlerdir. Ortaçağ'da loncalar kalitenin korunmasında önemli görev üstlenmişlerdir. Osmanlı döneminde ise, II.Beyazıt tarafından çıkartılan Bursa Belediye Kanunu'nda satılan malların belirli kalite özelliklerini taşıması gerektiğini belirtmektedir (GÖZLÜ,1990).

19.yüzyılda Endüstri Devrimi ile başlayan Taylorizm, “kalite kontrol edilir” kavramını geliştirdi.Bu dönemde kalite kontrol işlemi için bir kaç kişi çalışıyordu. 20.yüzyılda ve 1.Dünya Savaşı sonrası karmaşıklaşan üretim sistemleri, kalite kontrol görevinin bu konuda uzmanlaşmış kişiler tarafından yapılmasını zorunlu hale getirdi. Kalite kontrol işlemleri artık üretim bölümünden ayrılarak bağımsız bir bölüm halini aldı. Bu aşama “**muayene**” olarak isimlendirilmiştir.

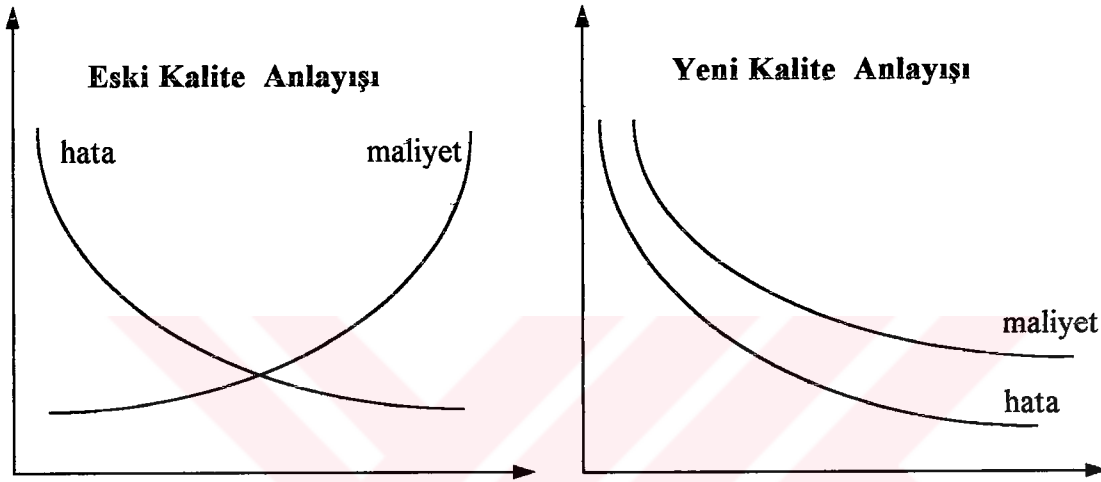
2.Dünya Savaşı sonrası zorlaşan koşullar ve teknolojik gelişmeler, üretim sistemlerini daha da karmaşıktırdı. Durumun ciddiyeti ASQC Başkanı (G.Edwards,1946) tarafından şöyle dile getirilir: “Kalite giderek maliyet ve satış fiyatları gibi can alıcı konularda büyük önem kazanmaktadır. Etkili kalite kontrol oluşturmak için çalışmalarında gerekli düzenlemeleri yapamayan bir kuruluş, asla rekabet edemeyeceği bir durumla karşı karşıya kalacaktır”. Bu aşama “**istatistiksel kontrol**” olarak isimlendirilmiştir ve muayene aşamasının daha etkin bir halidir. Muayeneciler örnekleme planları, kontrol diyagramları gibi teknikleri kullanmışlardır.

İkinci Dünya Savaşı sonrasındaki yıllarda teknolojinin gelişmesi üretim sistemlerini daha da karmaşıktırdı. Kalite kavramı ilk günlerinin aksine artık imalatla aynı önemi kazanmıştı. Muayeneciler ile karar vericiler arasındaki iletişim kopukluğu “**toplam kalite kontrolü**” aşamasına geçişi zorunlu hale getirdi. Artık kalite kontrolü, tasarım aşamasından başlayarak ara girdiler, proses içi ve son çıktı aşamalarını izlemek suretiyle yerine getirilmeye başlandı.

Japonlar kalite ile ilgili uygulamalarında, istatistiksel kalite kontrolü, kalite teşhisi, kalite eğitim programları, sıfır hata felsefesi gibi konulara önem vermişlerdir.

Ishikawa toplam kalite kontrolü anlayışını daha da geliştirerek bu Japon kalite hareketleri ile birleştirmiş ve buna “**toplam kalite yönetimi**” adını vermiştir.

Kalitenin geçirmiş olduğu değişim, “kalite kontrol edilir” düşüncesi yerine “kalite yaratılır” kavramının kabul edilmesidir. Bu yüzden kalite, ürün için israf bir maliyet değil katma değeri olan maliyettir. Şekil 2.2 Kalitenin eski ve yeni anlayışını karşılaştırmaktadır.



Şekil 2.2 Kalite Anlayışının Değişmesi

Kalitenin ulaştığı bu son durumdan sonra da gelişerek değişeceğini ve farklı isimlerle anılacağını kestirmek yanlış olmaz. Gelecekte yöneticiler, rekabetin dahada kızışacağı belli olan dünyada hayatta kalabilmek için insan ve süreç odaklı yönetim ilkelerini geliştireceklerdir. Bugünlerde sıkça bahsedilen “öğrenen organizasyonlar”, “geleceğin yönetimi” gibi kavramlar belkide karşımıza yeni bir kalite evresi olarak karşımıza çıkabilecektir.

Kalitedeki başlangıçtan günümüze kadar değişen ve gelişen kavramlar Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Kalite Evriminde Değişen Kavramlar (TKYArKom-1994)

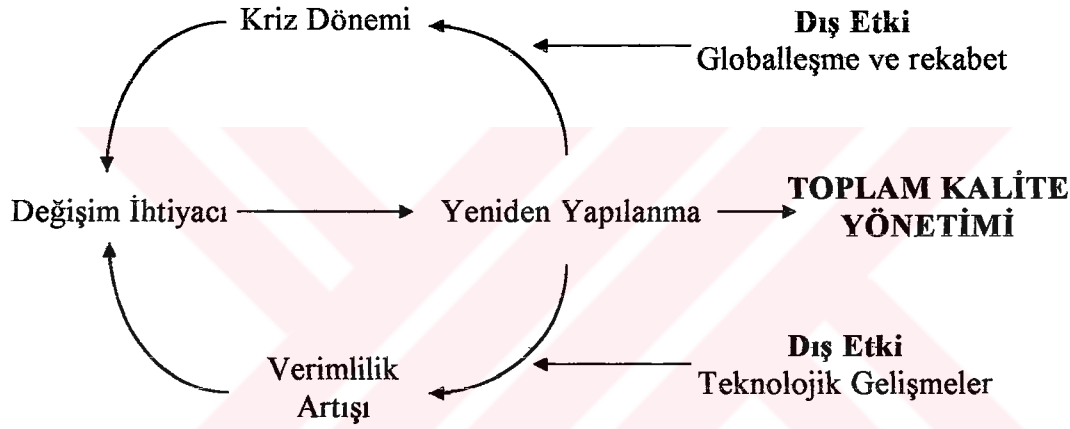
BELİRLEYİCİ ÖZELLİKLER	MUAYENE	İSTATİSTİKSEL KALİTE KONTROL	TOPLAM KALİTE KONTROL	TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ
Temel Prensip	Ortaya çıkarma	Kontrol	Koordinasyon ve Firma	Süreç ve insan odaklılık, sürekli gelişme
Kaliteye Bakış Açısı	Çözülmesi gereken bir problem	Çözülmesi ve izlenmesi gereken bir problem	Tasarım aşamasında yaratılan unsur kalitesizlik ise ortaya çıkmadan önlenmesi gereken bir problem	Koşulsuz Müşteri Tatmini
Vurgu	Standart Ürün	Muayenenin azaltıldığı standart ürün	Tüm üretim hattında, tasarımdan pazarlamaya tüm hatlarda ve fonksiyonel gruplarda kalitesizliğin önlenmesi	Başta yönetim süreçleri olmak üzere tüm süreçlerde “kalite”nin paylaşılan vizyon olması ve birey kalitesinin artırılması
Metot	Örnekleme ve Ölçme	İstatistiksel araç ve teknikler	Programlar ve Sistemler	Yönetim anlayışı ve sistemi
Kalite Profesyonellerinin Rolü	Muayene ve hesaplama	Meseleyi tespit ve istatistiksel metodların uygulanması	Kalitenin ölçümü, planlanması ve program dizaynı	Kalitenin oluşturulması için sinerji sağlanması
Kaliteden kim Sorumlu	Muayene bölümü	Üretim ve mühendislik bölümü	Üst yönetim ve tüm bölümler	Üst yönetim, bireyler ve bölümler

2.4 TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ

Teoride ve literatürde yönetim, bir grup insanı belirlenmiş bir amaca yönlendirme, aralarında işbirliği ve koordinasyon sağlama çabası iken uygulamada sonuç ve sermaye odaklı olarak karşımıza çıkmaktadır. Fakat günümüz şartlarında işletmelerin bu anlayışını insan ve süreç odaklı olarak değiştirmesine sebep olan güçlü etkilere oluşmuştur. Bunlar;

- Dinamik pazarlar ve değişim
- Rekabet
- Kalite ve müşteri kavramlarıdır.

Bu üç etken toplam kalite yönetimi olarak ifade edilen anlayışın gelişmesini sağlamıştır. Bu yönetim anlayışı, klasik yönetim anlayışının bir alternatifi olarak ortaya çıkmış, değişim ve gelişmenin süreceğini gözönüne alırsak gelişmeye de devam edecek bir yönetim anlayışdır. Şekil 2.3 yönetim de değişim döngüsünü göstermektedir.

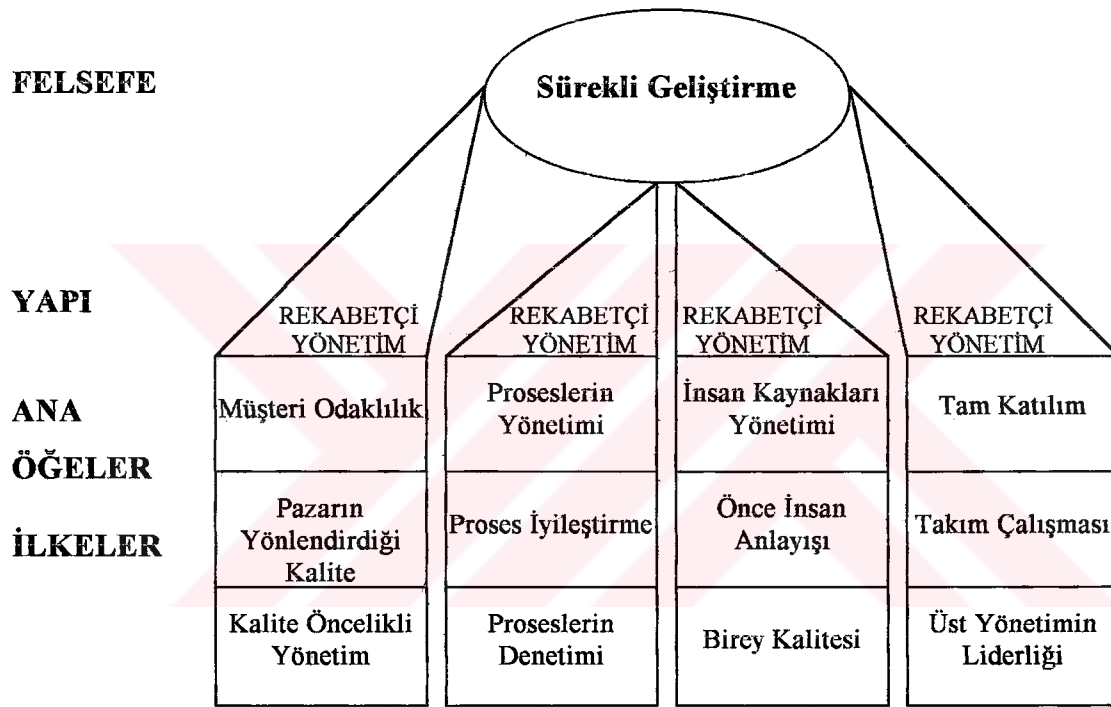


Şekil 2.3 Yönetimde Değişim Döngüsü (TKYArKom-1994)

Toplam Kalite Yönetimi, müşteri beklentilerini herşeyin üzerinde tutan ve müşteri tarafından tariflenen kaliteyi, tüm faaliyetlerin yürütülmesi sırasında oluşturulan ya da yaratılan bir yönetim biçimidir. İşletmedeki her birey, grup, departman ya da proses, kendisinden sonra gelen aşamayı müşteri kabul etmeli ve üretimini müşterisini memnun edecek düzeyde gerçekleştirmesi gerekir.

Bu birey, grup, departman veya proseslerden oluşan birbiriyle iletişimli ve etkileşimli birimlerin, aralarındaki sinerjiyi bozmayacak şekilde yönetim tarafından yönlendirilmesine "toplam kalite yönetimi" adı verilir. Toplam kalite yönetiminin felsefesi ve ilkeleri Şekil 2.4 ile gösterilebilir.

Toplam kalite sistemini, yönetim sistemi ve teknik sistem olarak iki sistem olarak düşünebiliriz. Bir başka deyişle toplam kalite yönetimi, teknik ve yönetim sisteminin bütünleşmesidir. Teknik sistem; mamul tasarımında kalite güvencesi, üretim süreçlerinin planlanması ve tasarımı, üretim girdilerinin, ara ve son mamullerin kontrolü konularını kapsamaktadır. Yönetim sistemi ise planlama, organizasyon, kontrol ve insan kaynakları yönetim süreçleri ile kalite güvencesi arasındaki ilişkiler üzerinde yoğunlaşmıştır (GÖZLÜ,1990).



Şekil 2.4 Toplam Kalite Yönetiminin Felsefesi ve İlkeleri (TKYArKom-1994)

Toplam kalite yönetiminin ilkelerini özetleyecek olursak:

- İşletmelerin başarısı büyük ölçüde müşteri ihtiyaçlarının anlaşılmasına ve tatmin edilmesine bağlıdır.
- Kalitede öncülük ve liderlik, üst yönetimin sorumluluğu altındadır.
- Sorunların çözümü ve sürekli geliştirmenin sağlanması, gerçek verilerin kullanılmasıyla istatistiksel yorum yapılmasına bağlıdır.

- İşletme hedeflerine erişmek amacıyla, her düzeydeki fonksiyonların sürekli iyileştirilmesi fikri egemen olmalıdır.
- Sorunların çözümü ve proses iyileştirmenin en etkin yolu, çok işlevli takım çalışmasının başarısına bağlıdır.
- Sürekli öğretim ve eğitim tüm işletme personelinin asıl görevidir.

Bir çok işletme tarafından model kabul edilen Japon Toplam Kalite Kontrol Sistemi Tablo 2.3’de gösterilmiştir.

Tablo 2.3 Japon Toplam Kalite Kontrol Sistemi (SHORES,1988)

HEDEF	STRATEJİ	SİSTEMİN ELEMANLARI	ELEMAN TANIMI
TOPLAM MÜŞTERİ TATMİNİ	KALİTE	Müşteri Odaklığı	Yaptığımız herşey bir süreçtir.Bir sonraki süreç müşterimizdir. Müşterilerden sistematik geridönüşüm ile müşteri tatmin düzeyi ölçülür
		Yönetim Sistemi	Organizasyon İşletme Planı Yönetim Amaçları Yönetim tarafından yapılan inceleme
	VERİMLİLİK	Toplam Katılımcılık	İşletme genelinde katılım, Kalite ekipleri İşgören öneri sistemi Tedarikçilerin katılımı
		Sistematik Süreç Analizi ve İyileştirmesi	Genel Yönetim İyi ve kötünün analizi Karışıklık çıkma zamanını vurgulama Önlemenin vurgulanması Değişimin en azlanması
	SÜREKLİ İYİLEŞTİRME	İstatistiksel Kalite Kontrol	İstatistiksel araçlar ve teknikler Hisler değil gerçekler Düzenli olarak yapılan incelemeler

Toplam kalite yönetiminin işletmeye sağlayacağı yararlar ise şunlardır:

- Ürün ve hizmet kalitesinin iyileşmesi
- Müşteri tatmininin artması
- Kaynak israfının azalması
- Mamul geliştirme süresinin azalması

- Verimliliğin artması
- Termin sürelerinin kısalması
- İşçi-işveren ilişkisinin düzelmesi
- Süreç içi işlem sayısının azalması

2.5 KALİTE GÜVENCE SİSTEMİ

2.5.1 Kalite Güvencesi Kavramı

Kalite güvencesi, Türk Standartlar Enstitüsü'nce yayınlanan ISO 9001 kitabında "Kalite güvencesi, ürün veya hizmetin kalite için beklenen istekleri karşılamak amacıyla yeterli güveni sağlaması için gereken planlı ve sistematik faaliyetlerin bütünüdür" şeklinde tanımlanmaktadır.

Kalite güvencesi, kalite sisteminin etkinliğini belirleyen, mevcut kaliteyi arttıran, kalite ile ilgili mevcut veya potansiyel problem alanlarını saptayan ve problem alanlarının ortadan kaldırılması ya da en aza indirilmesine yardımcı olan bir süreçtir.

Kalite güvence, hammadde temininden başlayıp ve satış sonrası hizmete kadar sürekli devam eden, hata yapılma riskini ortadan azaltan ya da kaldıran ve en önemlisi kendi kendini denetleyen bir sistemdir. Kalite güvence sistemi, müşteri ve tedarikçi tarafından kabul edilen ürün veya hizmet karakteristiklerinin devamlılığını sağlamak üzere tasarlanır.

90'larda esmeye başlayan kalite rüzgarıyla ülkemizdeki büyük kuruluşlar kalite güvence sistemini kurma çalışmalarını başlattılar ve tedarikçilerinin de bu tür çalışmaların yapılmasına zorladılar. Amaç, uzun dönemde ana firmalarda giriş kontrollerinin yapılmadığı, kalite güvence sistemi kurmuş tedarikçilerden gelen parçaların kusursuz olacakları varsayımı ile doğrudan montaja alınacağı ve optimum stok düzeyinde çalışılacağı tam zamanında üretim sisteminin alt yapısını oluşturmak olarak da düşünülebilir (BOZKURT ve ODAMAN, 1994).

İşletmelerin kendi kendine denetim uygulamasının zorluğu sebebiyle bu denetleme işlemi tarafsız bir denetçi kuruluşa yaptırmaları ve sonucun belgelendirilmesi gündeme gelmiştir.

Bu belgeler içinde en geçerli olanı ISO 9000 tipi belgelerdir. ISO 9000, bir kalite sistemi oluşturulması için izlenilmesi gereken yolu gösteren ve oluşturulmuş kalite sistemlerini de değerlendirmekte kullanılan, kalite yönetim sistemi ile ilgili standartlardır.

Kalite güvence sisteminin uygulanmasında 2 temel amaç vardır. Müşteri isteklerinin karşılanması ve toplam çalışma etkinliğinin arttırılmasıdır. Diğer amaçlar ise, müşteri güveninin arttırılması, kuruluş imajının zenginleştirilmesi, işgören katılımcılığının ve moralinin arttırılmasıdır.

Kalite güvence sistemi kurulmadan önce bazı çalışmalar yapılması gereklidir ve bunlar:

- Her bölüm ya da disiplinlerarası iletişim kanallarının ve sorumluluklarının tanımlanması,
- Bölümlerarası ilişkilerin oluşturulması,
- Belli bir prosedüre bağlı kalınarak kontrol edilecek aktivite ve fonksiyonların belirlenerek üzerelerinde uzlaşmaya varılması,
- Bütün çalışanlara bir kalite güvencesi programı uygulamanın nedenleri ve elde edilecek faydalarının bildirilmesidir (STEBBING,1989).

2.5.2 ISO 9000 Kalite Yönetimi

ISO 9000 Kalite Yönetimi ve Güvencesi Standardının temeli 1963 yılında ABD’de savunma teknolojisindeki yüksek kalite sistemleri gereksinimlerini karşılamak için hazırlanan MIL-Q 9858’ dir. Bunun hazırlanma sebebi, bitmiş ürünün üretim faaliyeti tamamlandıktan sonra kontrol edilmesi yerine üretim sisteminin bu şekilde muayene işlemine gerek duyulmayacak şekilde güvence altına alınmasıdır.

ISO 9000 serisinin Kalite yönetimi ve Güvencesi Standartları seçim ve kullanma kılavuzunun 4.Maddesinde, bir kuruluşun kalite ile ilgili gerçekleştirmesi gereken

hedefler şöyle sıralanmıştır. Kuruluş ürettiği ürün ve hizmetlerin kalitesini, müşterisinin beklentisi olan istek ve ihtiyaçlarının sürekli olarak karşılayabilecek şekilde gerçekleştirmelidir. Müşteriye, amaçlanan kalitenin karşılanacağı konusunda sürekli güven verilmelidir. Ayrıca kuruluş amaçlarının, kalitenin sürekli olarak gerçekleşeceği konusunda da kendi yönetimine güven verecek şekilde tasarlanması gerekir (NAKTİYOK,1996).

ISO 9000 standartları müşteri ve kuruluşa güvence sağlayan, aşırı yenilik içermeyen ve kalite sisteminde bulunması gereken asgari elemanları tanımlayan bir standartlar dizisidir. Bu standartlar bir alt sınır olduğu için, işletmelerin bu sınırın üzerinde iyileştirici faaliyetler yapmasını engellemez. Sadece, yöneticilerin ulaşması gereken noktaları tanımlayıp bu yolda kılavuzluk yapmaktadır.

ISO 9000 standartları, 50'yi aşkın ülkede ulusal standart olarak kabul edilmiştir.Ülkemizde TSE tarafından TS-ISO 9000 kalite güvence sistemi standartları olarak yayınlanmıştır.

İşletmelerde kaliteli hizmet verebilmek veya ürün üretebilmek için gerekli en önemli unsur kaliteyi ilgilendiren bütün süreçlerin kontrol altına alınmasıdır. Bu kontrol sınırlı olmamakla birlikte aşağıdaki hususları kapsamaktadır.

- Müşteri şartlarının tanımlanması, açıkça anlaşılması ve anlaşmaya varılması
- Kaliteyi doğrudan ilgilendiren bütün süreçlerin tanımlanması ve standardlaştırılması
- Kalite kontrol ve denetim sisteminin oluşturulması ve prosedürlerle tanımlanması
- Kalitenin sürekli iyileştirilmesi için uygun bir sistem oluşturulması
- Yazılı iletişim ve hiyerarşik yönetim yapısının tanımlanması ve ISO 9000 standartlarına uygun hale getirilmesi. Ast üst yönetim ilişkilerinin yazılı prosedürlerle anlaşılır hale getirilmesi
- Satınalma sisteminin oluşturulması (Satınalma teknik verileri, tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi, doğrulama)

- Müşteri beklenti, ihtiyaç ve şikayetlerinin öğrenilebilmesi ve etkin olarak ele alınabilmesi için bir sistem oluşturulması
- Yasal düzenleme ve stadardlarla uyumluluk
- Çalışanların gerekli kaynaklarla donatılması ve eğitilmesi

Yukarıda belirtilen çalışmalar tamamlandıktan sonra ulusal veya uluslararası geçerliliği olan saygın bir belgelendirme kuruluşuna başvuru yapılır.

Belgelendirme kuruluşunun denetiminden sonra seçilen ISO modeline göre (9001/9002) ISO 9000 belgesi alınır. ISO 9000 belgesinin alınması kalite yolculuğunun sonu değil başlangıcıdır. Gerçekten işletme , kalitesini iyileştirmek ve sonuç olarak sektöründe birinci olmak için ISO 9000 belgesini alarak çok daha önemli fırsatlar yakalayacaktır.

Süreçlerin kontrol altına alınabilmesi için gerekli en önemli unsur olan insan kaynağının maksimum performansta işletme amaçlarına hizmet eder hale getirilmesi şarttır. Bunun için de gerekli standartların hazırlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bu standartlar,

- Nitelikli ve iş gereklerine uygun personelin seçilmesi
- Motivasyon
- Liderlik: insanlara gönüllü olarak iş yaptırabilme sürecidir
- Eğitim ve nitelik arttırımı: Planlı, stratejik ve iş gereklerine uygun eğitim
- Personelin gerekli kaynaklarla donatılması
- Etkili bir organizasyon yapısı: yatay ve dikey teknik ilişkiler
- İş tatmini ve çalışma mutluluğu: Çalışanların yönetime katılmalarından geçer
- İyi iletişim olarak sıralanır.

Bu şartların işletmede oluşturulması için de ISO 9000 etkili bir araçtır. Çünkü ISO 9000 sistemi işletme içerisinde mevcut organizasyon yapısını düzenli bir hale getirmekte, bölümler arasında teknik ilişkileri düzenlemektedir. İş akışı son derece net olarak hazırlandığından görev karmaşası olmamaktadır. ISO 9000 sistemleri

organizasyon ve görev tarifleri konusundaki araçları ile etkili bir insan kaynakları yönetimi uygulamasının temellerini oluşturmaktadır. Yöneticilerin hangi amaçlar doğrultusunda elemanlarını yönlendireceğinin tanımlanması ve liderin görevlerinin prosedür, talimat, ve görev tarifleri ile tanımlanması sebebiyle ISO sistemi liderlik fonksiyonunun önemli bir halkasını oluşturmaktadır.

ISO 9000 sistemi ile eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesi, eğitim planlamasının yapılması, eğitim araçlarının temin edilmesi, dış kuruluşlardan alınan eğitimlerle ilgili sistem oluşturulması, eğitimlerin gerçekleştirilmesi için ortam ve şartların temin edilmesi, eğiticilerin eğitilmesi, eğitim sonuçlarına göre kritik görevlerdeki personelin değerlendirilmesi ve yetkilendirilmesi hususları etkili bir şekilde yerine getirilmiş olur.

İşletmede bölümler arasında iletişim aksaklıklarının olmaması için yazılı iletişime önem verilir. Bölümler arasında teknik ilişkiler prosedür, talimat ve görev tariflerinde tanımlandığından iletişim de çoğunlukla yazılı olarak sağlandığından ISO 9000 sistemlerini uygulayan işletmelerde iletişim problemleri asgari seviyeye çekilmiş olur. Çalışanların yönetime katılmalarını sağlamak için ISO standartlarının düzeltici ve önleyici faaliyetler maddesi kapsamında gerçekleştirilebilen kalite çemberleri, öneri kutuları, çalışanların tatmini anketleri, ilan panoları, kalite toplantıları ve ödül törenleri son derece faydalı araçlar olarak sıralanabilir.

2.5.3 ISO 14000

ISO 14000, ISO Teknik Komitesi TC 207 tarafından geliştirilmekte olan bir çevre yönetim standartıdır. Standardizasyonun 3 temel ilkesi olan uygunluk, sürekli gelişim ve güvence altına alma üzerine kurulmuştur. Bunlar:

- Çevreyi koruma ve bu konudaki performansın yürürlükteki mevzuata uygunluğunu sağlamak,
- Bu uygunluğu sağlamanın ötesinde, çevre performansını sürekli geliştirmek,
- Bu amaçla kuruluşun tüm faaliyetlerinin, süreçlerinin ve ürünlerinin çevreye olumsuz etkisini azaltmayı güvence almaktır (ODABAŞ,1996)

ISO 14000 serisinin başlıca amacı kuruluşlarda daha etkili ve verimli çevre yönetiminin sağlanması ve çevre açısından gerekli bilgilerin toplanması, yorumlanması ve iletilmesinde yararlı ve özellikle kullanılabilir araçların oluşturulmasıdır.

İşletmelerin toplam kalite yönetimini benimsemelerinin çok açık nedenleri vardır ve bunlar, verimlilik, rakabet gücü ve karlılık gibi göstergelerde güçlü olmaktadır. Bir anda yönetimin çevreye olan ilgisi ise 5 nedene bağlanabilir. Bunlar aşağıdadır:

- Tüketici Talebi
- Pazarlama Aracı
- Yasal Zorunluluklar
- Ekonomik Zorunluluklar
- Çevresel Sorumluluk

İşte ISO 14000' in ortaya çıkma sebebi, 5.maddede yer alan çevresel sorumluluk bilincinin gelişmesidir. İşletmeler günü kurtarmak düşüncesi yanında, ileriye dönük hesaplar içine girmek zorunda kalmışlardır, çünkü henüz üzerinde yaşanılacak, üretim yapılacak, kaynaklarından faydalanılacak başka bir gezegen bulunmamıştır.

ISO 14000 ya da çevre yönetim sisteminin sağlayacağı yararları 5 grupta inceleyebiliriz.

2.5.3.1 Kar Artışı

- Ürünün imalatı için gereken enerji ve malzeme gereksinimi azaltılabilir ve bu sayede ürün maliyeti, malzeme elde bulundurma maliyeti ve atıkların uzaklaştırılma maliyeti azalır.
- Atıkların ve kullanılmamış girdilerin geri dönüşüm denen yeniden kullanılması ile ciddi gelir artışları elde edilir. Bazı işletmeler, bu atıkları yeniden işlememekle birlikte, bunları kullananlara satarak gelir elde edebilirler.
- İşçi sağlığı ve güvenliği artar ve bu sayede verimlilik artışı, çalışma gününde artış ve iş kazası riski azaltılmış olur.

2.5.3.2 Operasyonlar

- ISO 14000 standartları, gelişmenin ilerleyen aşamalarını tanımlayabilmek için temel oluşturur ve bu konuda en iyi uygulamadır.
- ISO 14000 sistemi, diğer tüm sistem geliştirmeyi amaçlayan yöntemlerle kolaylıkla entegre edilebilir.
- Bu standartlar, tüm dünyada çevresel yönetim sisteminin ihtiyacı olan ortak bir terminoloji birliği sağlar. Bu ortak terminolojinin kullanımı, organizasyonun tüm seviyelerinde iletişimin etkinliğini artırır.
- Devamlılığın hergün gereksizce test edilmesine ihtiyaç duyulmaz ve bu organizasyonu daha etkin kılar.
- ISO 14000 çevre yönetim sistemi, atıkların ve çevresel yayılımların maliyetlerini değerlendirecek ölçümleri ve prosedürleri içerir. Bu bilgi, organizasyonların uyarlanmasında ve sonuçların değerlendirilmesine kullanılır.
- Çevre ile ilgili personelin çevre sistemlerini kullanmasıyla, organizasyonel performans artar.

2.5.3.3 Pazarlama

- Şirketin, çevreye ve sağlığa duyarlılığı belgelenmiş olur ve şirket imajı gelişir.
- Güçlenen yeni görünüm, şirketin pazarlama ve reklam stratejilerine temel oluşturur. Bu pazar payının artmasına ve ürünü tercih edecek hedef kitle oluşumunu hızlandırır.
- Üst yönetimin çevreye verdiği önem artar.
- Bu standartlar ile müşteri güvenini ve memnuniyeti artar.

2.5.3.4 Düzenleyici Kurallara Uyum

- Bir çok hükümet ve kurum, işletmelerin bu standartlara uymasını yaptırımlarla denetlemektedir. Bu sayede, rekabet eşitsizliği giderilmiş olur.

2.5.3.5 Toplumsal

- ISO 14000, çevresel durum hakkında düşünceleri ifade etmekte ortak bir dil kullanır ve bu dil, hükümetler, şirketler, toplum tarafından değerlendirilir.
- Atık miktarlarının azaltılması ve çevreye duyarlılığın artması ile, hava, su, toprak gibi kaynakları gelecek yüzyıllara daha temiz olarak aktarılabilir.
- İşgörenler, müşteriler, tedarikçiler için eğitimler ve iletişim ile bilinçlenme gerçekleşir.
- Enerji tasarrufu ile petrol, kömür, madenler gibi kısıtlı kaynakların gelecek nesillere aktarılması sağlanabilir.

Aşağıda bugüne kadar ISO 14000'in yanı sıra konuyla ilgili çeşitli başka standartlar kabul edilmiştir:

- ISO 14001:Çevre Yönetim Sistemleri-Kullanım Konusunda Rehberlik İçin Spesifikasyonlar
- ISO 14004: Çevre Yönetim Sistemleri - Çevre Yönetimi İlkeleri, Sistemleri ve Destekleme Teknikleri Konusunda Genel Esaslar
- ISO 14010: Çevre Denetiminin Esasları - Genel İlkeler
- ISO 14011-1: Çevre Denetiminin Esasları - Denetim Usulleri - Kısım I:Çevre Yönetim Sistemlerinin Denetimi
- ISO 14002: Çevre Denetiminin Esasları - Çevre Denetçileri İçin Nitelik Ölçütleri

Kuruluşlara yönelik ISO 14000 serisi standartlar bunlardır. Bunlar, şirketlere çevre yönetim sisteminin kuruluşu, bakımı, denetimi (gerek iç denetim gerek üçüncü kişilerce yapılacak denetim) ve sürekli geliştirilmesi için rehberlik sağlayacak ana çerçeveyi oluştururlar.

ISO/TC 207 standart geliştirmeye başladığında, amaç çevre performansını değerlendirmek için bir dizi araç oluşturulmasıydı. Halen uygulanabilir durumdaki tek gerçek standart şirket kuruluşunu ve usullerini kapsayan ISO 14001

standartdır. Bununla birlikte, çeşitli alt-komiteler bir ürünün çevre performansını değerlendirmekte kullanılacak bir dizi standart geliştirmektedir.

ISO 14000 standartlar ailesinde geliştirilmekte olan standartların listesi aşağıda verilmiştir:

- ISO 14020: Çevresel Etiketler ve Bildirimler - Her Türlü Çevresel Etiketlemenin Temel İlkeleri
- ISO 14021: Çevresel Etiketler ve Bildirimler - Gönüllü Bildirim - Çevresel Talepler - Terimler ve Tanımlar
- ISO 14022: Çevresel Etiketler ve Bildirimler - Simgeler
- ISO 14023: Çevresel Etiketler ve Bildirimler - Sınama ve Geçerleme Yöntemleri
- ISO 14024: Çevresel Etiketler ve Bildirimler - Uygulama Programları - Çok Ölçütlü (1.Tip) Programların Yol Gösterici İlkeleri, Uygulamaları ve Belgeleme Usülleri
- ISO 14031: Çevresel Performans Değerlendirmesi
- ISO 14040: Hayat Devresi Değerlendirmesi - Yol Gösterici İlkeler ve Çerçeve
- ISO 14041: Hayat Devresi Değerlendirmesi - Hedef ve Tanımlar/Kapsam ve Envanter Değerlendirmesi
- ISO 14042: Hayat Devresi Değerlendirmesi - Etki Değerlendirmesi
- ISO 14043: Hayat Devresi Değerlendirmesi - Hayat Devresi Yorumu
- ISO 14050: Terimler ve Tanımlar
- ISO Kılavuzu 64: Ürün Standartlarının Çevresel Yönleri

Görüleceği üzere kesinlikle ürünle ilişkili olan bu standartların kabul edilmesi, dünyanın her yerinden gelen ürünlerin çevresel sağlamlık açısından birbirleriyle karşılaştırılmasını sağlayacak bir temel oluşturacaktır (KOSGEB ABM, 1997)

2.6 KALİTE ARAÇLARI

İşletmeler, problemleri ortaya çıkarması, bunları çözebilmesi ve sürekli gelişimi sağlaması için geliştirilen “kalite araçları” adı verilen teknikler vardır. Bunlar, geleneksel ve yeni kalite teknikleri olarak sınıflandırılır.

Bu kalite araçlarında beyin fırtınası yönteminden yararlanılır. Beyin fırtınası, konuyla hakim bir grubun, problemlerilişkin fikir üretmesidir.

Tablo 2.4, kalite araçlarının kullanım alanlarını ve kullanım sıklığını göstermektedir. Kullanılan sembollerin anlamları ise şöyledir.

***: sık kullanım

** : orta düzeyde sıklık

*: az kullanım

2.6.1 Geleneksel Kalite Araçları

Toplam kalite sisteminin alt sistemi olan teknik sistem, ürün tasarımında kalite güvencesi, üretim süreçlerinin planlanması ve tasarımı, üretim girdilerinin, ara ve son mamullerin kontrolü konularınından oluşmaktadır. Bu unsurlarda kalitenin izlenilmesi ve geliştirilmesi amacıyla kullanılan teknikler literatürde “7QC Tools” veya “Ishikawa’nın temel 7 kuralı” olarak adlandırılır.

Bu araçlar, elde edilen verileri derlemeye ve yorum yapılabilecek hale getirerek, yönetimin karar verebilmesi amacıyla kullanılır. Bir anlamda bu araçlar, uygulama sürecinde ortaya çıkabilecek problemlerin belirlenmesine ve çözülmesine yönelik bilgi ve veri üretimini yönlendirmek, kolaylaştırmak ve sistematik bir yaklaşımla bu bilgi ve verileri değerlendirmek amacına yönelik olarak tasarlanmış problem belirleme ve analiz teknikleridir (BURNAK,1995).

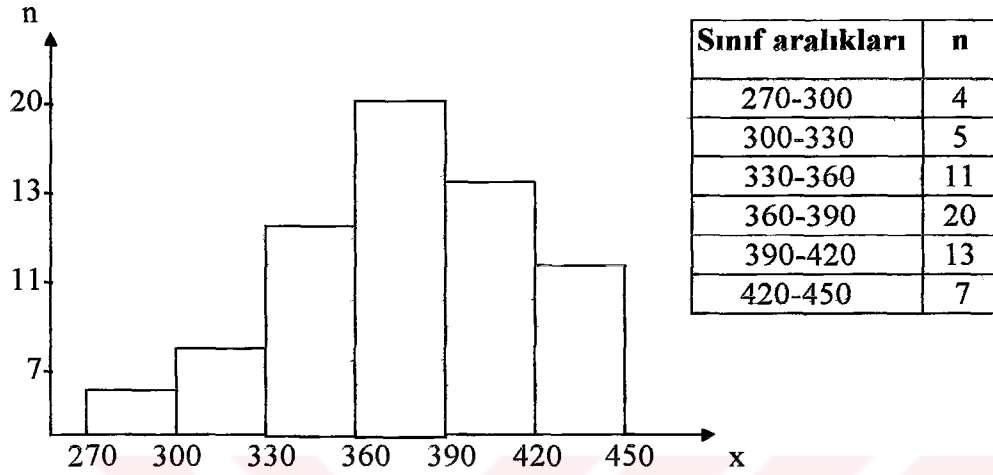
Tablo 2.4 Kalite Araçlarının Kullanım Aşamaları (TAPTİK & KELEŞ, 1998).

	Geleneksel Kalite Araçları (7QC)							Yeni Kalite Araçları (7M&P)						
	Histogram	Sebeep-Sonuç D.	Pareto Diyagramı	Kayıt Formları	İş Grafikleri	Serpme Diyagramları	Kontrol Diyagramları	Yakınlık Diyagramı	İlişki Diyagramı	Ağaç Diyagramı	Matris Diyagramı	Matris Veri Analizi	Proses Karar Diyagramı	Ok Diyagramı
Geliştirme Fırsatlarının ve hedeflerinin belirlenmesi - Geliştirme konularını ve problemleri belirle. - Geliştirme Fırsatlarını kriterlere göre sırala. - Durumu değerlendir ve hedefleri belirle.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Mevcut Durumun Analizi - Geliştirilecek prosesi, çözülecek problemi tanımla. - Müşteri isteklerini belirle. - Performans göstergelerini belirle - Performans boşluklarını tanımla	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Temel Nedenlerin Belirlenmesi ve Analizi -Geliştirme prosesine veya probleme etki eden faktörleri belirle - En önemli faktörleri seç. - Faktörler arası ilişkileri belirle.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Çözüm Yollarının Belirlenmesi, Tanımlanması ve Yorumlanması - Belirlenmiş hedef ve faktörlere göre çözüm yollarını belirle. - Çözüm yollarını seç. - Uygulama planını yap. - Planı hedeflere göre değerlendir.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Çözümleri Uygula, Sonuçları Görüntüle ve Analiz Et - Veri dağılımını değerlendir. - Sonuçları hedeflere göre görüntüle. - Gelişmenin verimliliğini analiz et ve değerlendir	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Standartlaştır - Gelişme adımlarını dökümante et. - Çalışmayı raporlandır	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Sürekli Geliştir - Normal olmayan duumları tespit et. - Yeni geliştirme fırsatlarını tanımla.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

2.6.1.1 Histogram

Bir konuda derlenmiş sayısal verilerin, belirli aralıklarda yer alanlarının sayılarının grafik olarak gösterilmesine “Histogram” adı verilir. Histogram, verilerin nasıl

dağıldığını gösterir. Verilerin ait olduğu sistemin veya sistem elemanının yeteneği hakkında yorum yapmamıza olanak sağlar. Herhangi bir problem olup olmadığı histogramla anlaşılabilir. Şekil 2.5, bir fırından alınmış 60 ekmeğe ait histogramdır.



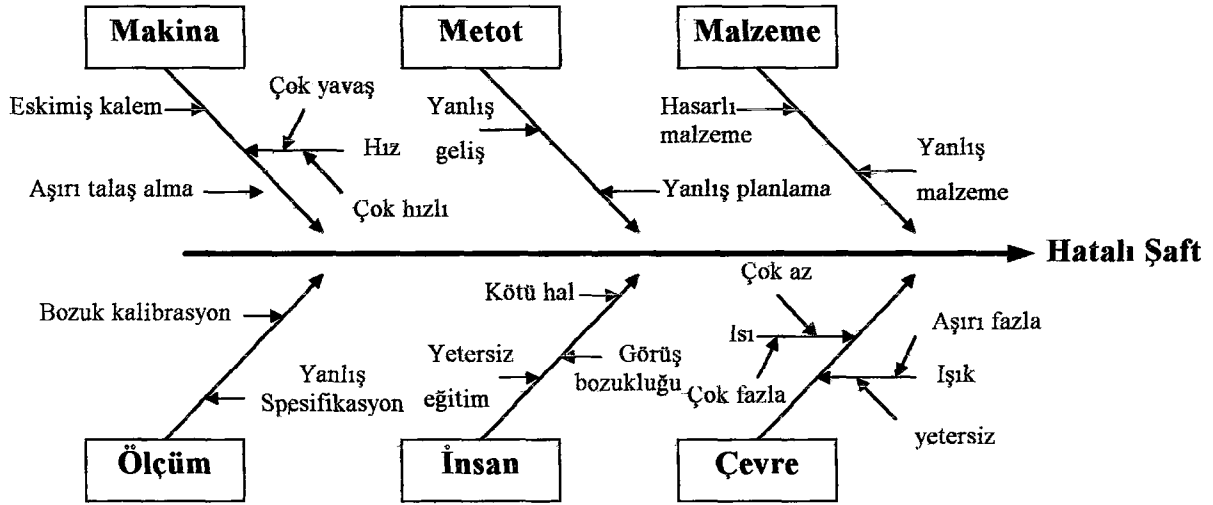
Şekil 2.5 Ekmek ağırlıklarının histogramı (BURNAK, 1995)

2.6.1.2 Sebep - Sonuç Diyagramları

Bir olayı meydana getirecek tüm durumların yer aldığı bir gösterimdir. Balık kılçığı ya da Ishikawa diyagramı adıyla da bilinen sebep-sonuç diyagramı, ilgilenilen olayın nedenlerini araştırmaya sistematik bir yaklaşım gösterir.

Sebep-Sonuç diyagramları çizilirken, probleme neden olabilecek temel faktörler “5M & E” (machines, methods, materials, men/women, measurement, environment) olarak adlandırılan makina, yöntem, malzeme, insan, ölçüm ve çevredir.

Hizmet prosesi için bu temel faktörler “3P & E” (procedures, policies, people, equipment) prosedür, politika, insan ve ekipmadır. Hatalı bir shaft çapı için hazırlanan sebep-sonuç diyagramı Şekil 2.6’da gösterilmiştir.

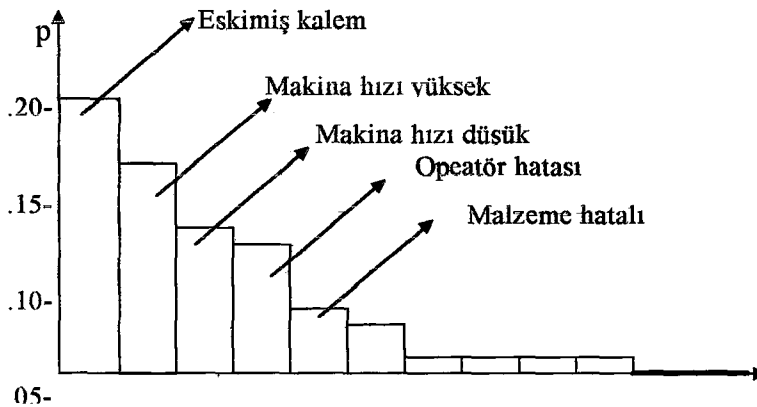


Şekil 2.6 Sebeup-sonuç diyagramı (GRANT & LEAVEVWORTH, 1996)

2.6.1.3 Pareto Diyagramı

Bir sorunu ortaya çıkaran nedenlerin önem sırasına göre dizilmesidir. Problemlerin içinden hangisine daha çok önem ve öncelik verilmesi gerektiğine karar vermemize yardımcı olur. Pareto fikri, problemlerin büyük bir kısmının genellikle birbiri ile bağlantılı az sayıdaki ve baskın bir sebepten kaynaklandığına dayanır.

Bu yöntem, “80/20 kuralı”, “ABC kuralı” ya da “Pareto Analizi” olarak da adlandırılır ve problemin %80’lik kısmına %20’lik aktivitenin neden olması ve bu önemli %20’lik payın üzerinde yoğunlaşılması gerektiğini anlatır. Yukarıda sebeup-sonuç diyagramı çizilen örnek olay için, olaya sebep olan faktörlerin yüzde etkisinin gösterimi Şekil 2.7’deki Pareto diyagramını oluşturur.



Şekil 2.7 Hatalı Şaft Çapı için Pareto Diyagramı

Bu diyagram sonucunda, en önemli unsurun eskiyen kalem ucu olduğu görülmektedir. Hatalı işlemeye sebep olan bu unsur kontrol altına alınmalıdır.

2.6.1.4 Kayıt Formları

Kayıt formları, veri derlemede kullanılan, kayıt ve analizin kolay ve doğru yapılabilmesini sağlayan tablolardır. Bilgisayarların gelişmesiyle, bu manuel veri toplama araçlarının bir önemi kalmamıştır. Birçok veri değerlendirme yazılımı, verilerin girilmesinden sonra bu grafikleri sunarlar. Tablo 2.5’de kusurlu bir şafta ait kusurlu kayıt formu gösterilmektedir.

Tablo 2.5 Kayıt Formu Örneği

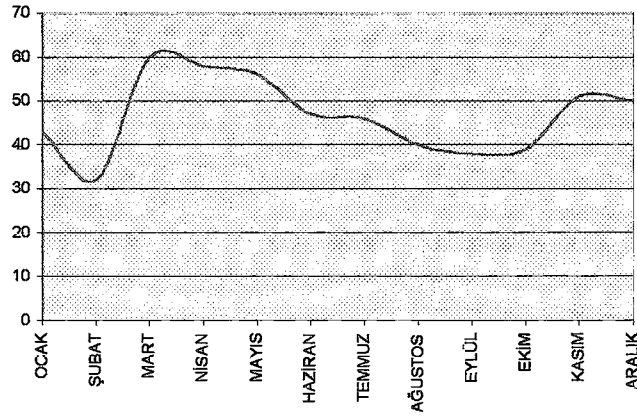
KUSURLU KAYIT FORMU		Tarih:	
Ürün Adı:	Örnek Büyüklüğü:		
HATA	ÇETELE	SIKLIK	%
Çap spesifikasyon dışı	////////	11	55
Çapak var	///	3	15

2.6.1.5 İş Grafikleri

Bu tür grafikler genelde sistemin gidişini gözlemlemeye yarayan görsel araçlardır. Örneğin bir hastanede acil servise gelen hasta sayısının gösterimi veya bir tezgahda tek vardiyada işlenen parça sayısının gösterilmesi gibi bilgiler içerir. Özellikle tezgahlara bağlanabilecek sensorlar, barkod sistemleri ile desteklenerek sürekli veri ile gerçekçi durum tespiti yapılabilir.

Şekil 2.8’de bir ekmek fırınının 12 aylık satış performansına ait iş grafiği gösterilmiştir.

AYLAR	SATIŞ (*1000)
OCAK	43
ŞUBAT	32
MART	60
NİSAN	58
MAYIS	56
HAZİRAN	47
TEMMUZ	46
AĞUSTOS	40
EYLÜL	38
EKİM	39
KASIM	51
ARALIK	50

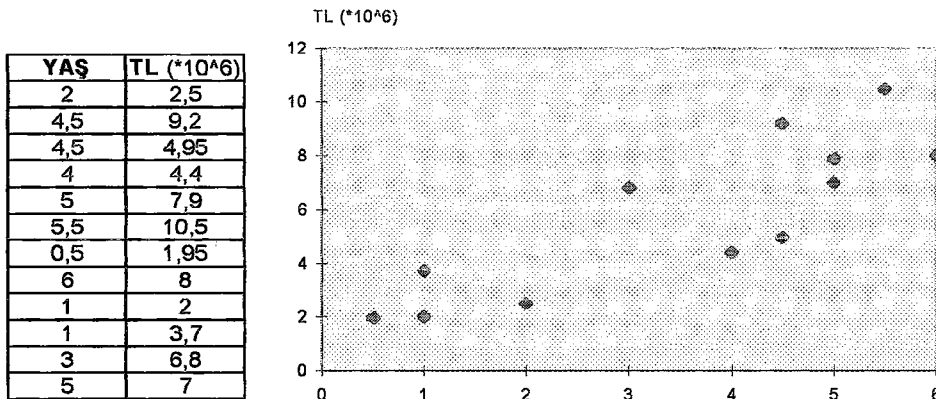


Şekil 2.8 İş Grafiği Örneği

2.6.1.6 Serpme Diyagramları

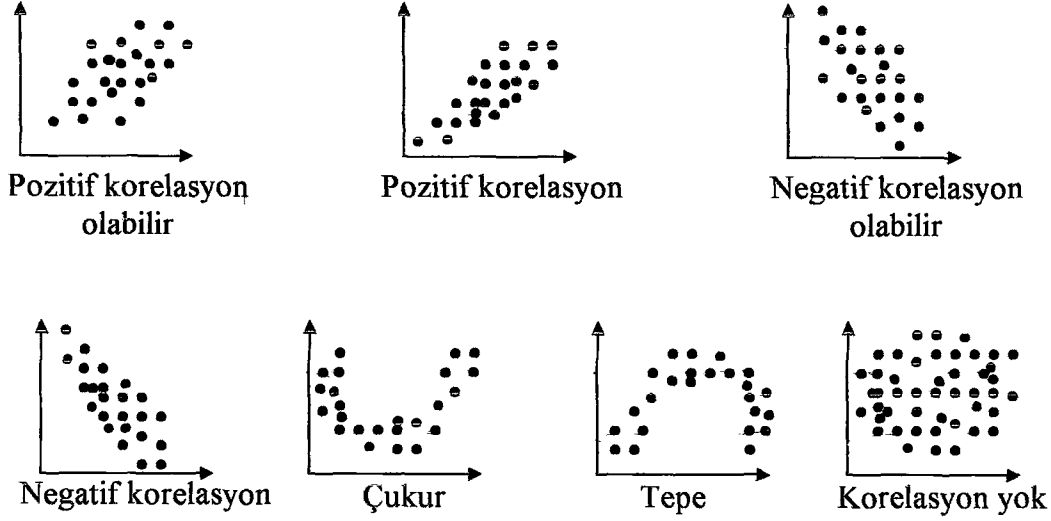
Bir hatayı oluşturan sebepleri, sebep-sonuç diyagramında görebiliriz hatta pareto diyagramında bunun sıklığını da görebiliriz. Fakat bu sebeplerin sonuca etkilerinin yönünü ve şiddetini öğrenebilmemiz için çizilen grafiklere serpme diyagramı denir. Bu diyagramlar, sebep ve onu oluşturan neden arasındaki ilişkileri gösterdiğinden, bunlardan birisinin kontrol edilmesi halinde diğerine ne olacağı hakkında bilgimiz olur. Şekil 2.9, taşıma işlerinde kullanılan kamyonların yaşları ile , altı ay içerisinde yapılan bakım harcamaları arasındaki ilişkiyi göstermektedir (İKİZ & PÜSKÜLCÜ,1986).

Şekil 2.9, kamyon yaşları arttıkça, yapılan bakım masrafının da arttığını ve aralarında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.9 Serpme Diyagramı Örneği

Karşılaşılabilecek serpme diyagram formasyonlarına örnekler Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10 Karşılaşılabilecek Serpme Diyagramları (BURNAK, 1995)

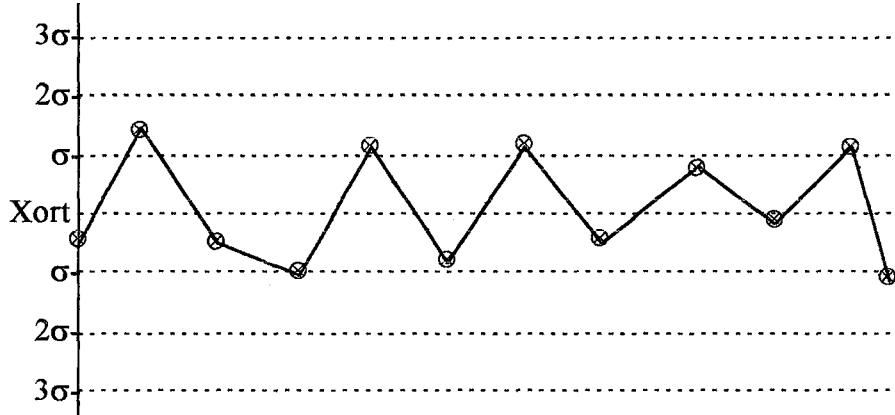
2.6.1.7 Kontrol Diyagramı

Üretim sırasında, kabul edilebilir bir kalite düzeyini kontrol ve analiz etmeye yarayan prosedürlerdir. Ürünlerin fiziksel değişkenlerini kontrol etmek için kullanılır. İlk defa 1924'de Bell telefon şirketinde Shewhart tarafından kullanılmıştır. Feigenbaum kalite kontrol diyagramlarını, "ürünün, ürünü oluşturan parçaların veya diğer bileşkenlerin kalite spesifikasyonlarını geçmiş deneyimlere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik (saat, gün, dakika, vb.) olarak karşılaştırmaya yarayan grafik araçlardır" olarak tanımlar.

Kontrol grafiklerinin kullanılması için:

- Kontrol edilecek özelliklerin belirlenmesi
- Arzulanan bir ortalama değerin saptanması ve bu değerin altında ve üstündeki sapmaların ne ölçüde kabul edilebilir olduğunun kararlaştırılması
- Üretim sürecinin bu sınırlar arasında yürütülmesinin ekonomik açıdan gerçekleştirilebilir olduğunun görülmesi gerekir.

Şekil 2.11’de yer alan kontrol diyagramı, bir torna tezgahında işlenen mil çapına ait ölçümlere aittir ve ortalama kontrol diyagramı olarak isimlendirilir.



Şekil 2.11 Ortalama Kontrol Diyagramı Örneği

Çizilen diyagrama ilk bakışta, üretimin belirlenen sınırlar dahilinde gerçekleştiği, hatta sapmaların 2σ bile olmadığı, sürecin kontrol altında olduğu sanılabilir. Oysa testere dişi formasyonu denilen bu tip süreç desenlerinde, rassal olmayan özel bir etkinin varlığından söz edilir. Bu örnekte kesici takımın gevşek bağlanması bu formasyona sebep olmuştur (BURNAK,1995).

Kontrol diyagramı, bu özel nedenin giderilmesini ve daha kaliteli ürünler üretilmesini sağlayan bir araç olmuştur.

2.6.2 Yeni Kalite Teknikleri

Yeni kalite teknikleri, araştırma ve problem çözme sürecinde yaratıcılığın ve yeteneklerin konu üzerinde yoğunlaştırılarak, yeni fikirler üretmek ve yeni çözüm yolları bulmak için kullanılır. Yedi Yönetim ve Planlama Aracı (7 M&P Tools) olarak adlandırılmaktadır (MIZUNO,1988).

2.6.2.1 Yakınlık Diyagramı(Affinity Diagram)

KJ metodu olarak da bilinen bu yöntem, düzensiz koşullardan sözel veri toplama ve bu verileri, çözülmemiş problemleri çözmek için kullanma olarak tarif edilebilir. Yakınlık diyagramlarının kullanım amaçları şunlardır (TAPTİK & KELEŞ,1998).

- Yeni bir kuruluş veya fabrika için bir kalite çemberi politikası geliştirmek ve bunu yürütmek,
- Yeni projeleri, yeni ürünleri ya da yeni teknolojiyi kapsayan bir kalite çemberi politikası kurarak bunu yürütmek,
- Yeni ve denenmemiş bir kalite politikasına giriş yaparken kalite güvence ile ilgili pazar araştırmalarını yönlendirmek,
- Her departmanda meydana gelen problemlere dayanarak değişik fikirlere sahip çalışanlar arasında bir karar birliği oluşturularak yeni bir toplam kalite çemberi promosyonu başlatmak için adım atmak,
- Çeşitli takımları yeni projeler üstünde çalışmaya teşvik etmek.

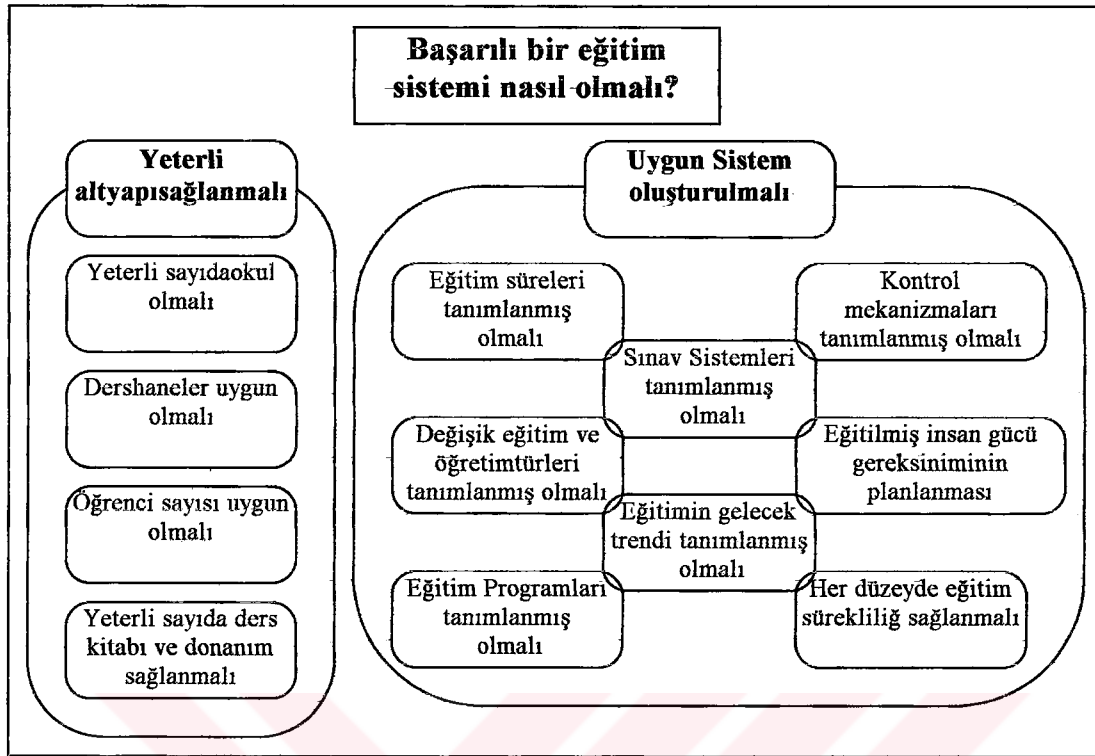
Şekil 2.12, yakınlık diyagramına bir örnektir.

Şeklin ilk bölümünde (a), başarılı bir eğitim sisteminin nasıl olabileceğine ilişkin düşünceler yer almaktadır.

Şeklin ikinci bölümünde (b) ise, benzer düşünceler gruplanmış ve bir başlık altında toplanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 2.12 Yakınlık Diyagramı Örneği (TAPTİK & KELEŞ,1998)

2.6.2.2 İlişki Diyagramı (Relations Diagram)

İlişki diyagramları, karmaşık ilişkiler söz konusu olduğu durumlarda birbiri içine geçmiş ara sebep ve etkileşimleri ve varsa gözardı edilen tesadüfi ilişkileri ortaya çıkarmak ve sorunlara uygun bir çözüm bulabilmek amacıyla geliştirilmiştir.

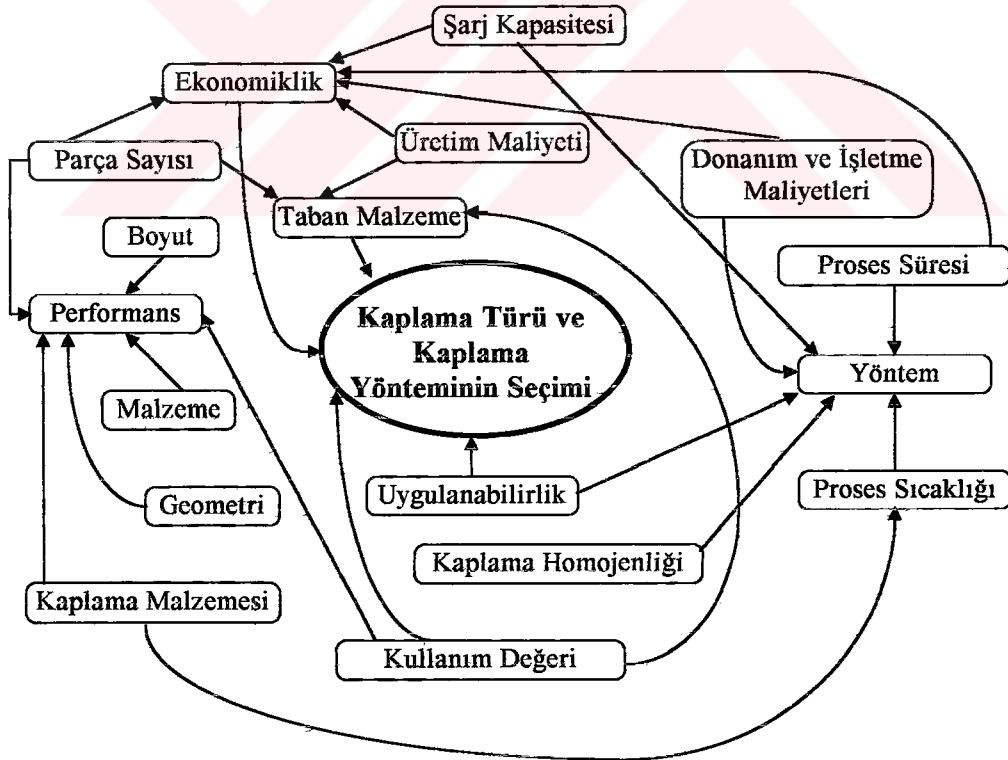
Metodu oluşturan adımlar şunlardır (MIZUNO,1988);

- Problemi ilgilendiren tüm faktörleri ortaya çıkartır,
- Bu faktörleri tüm detaylarıyla tanımlar,
- Sebep-sonuç ilişkilerini, mantıksal bir sırada tanımlar ve bu ilişkileri oklar ile görselleştirir,
- Problemin bütünü görselleştirir,
- Anahtar faktörleri elde eder.

İlişki diyagramlarını aşağıdaki amaçlara ulaşmak için kullanılabilir.

- Kalite güvence ve kalite kontrol politikalarını oluşturmak ve geliştirmek,
- Toplam Kalite Yönetimi faaliyetlerinde geliştirme planları yapmak,
- Piyasadaki şikayetleri cevaplamak için gerekli adımları tasarlamak,
- Üretim prosesindeki kaliteyi geliştirmek (özellikle belirsiz ya da görünmeyen hataları ortadan kaldırmak),
- Satın alınmış veya sipariş edilmiş maddelerin kalite kontrolünü geliştirmek,
- Küçük grup aktivitelerini geliştirmek ve özendirmek,
- Proses kontrolüne bağlı olarak meydana gelen hataları ortadan kaldırmaya yönelik önlemler geliştirmek,
- Yönetimde ve yönetsel departmanlarda reform gerçekleştirmek (MIZUNO,1988).

Şekil 2.13 ilişki diyagramına bir örnektir.



Şekil 2.13 İlişki Diyagramı (TAPTIK & KELEŞ, 1998)

2.6.2.3 Ağaç Diyagramı (Systematic Diagram)

Ağaç ya da sistem diyagramı olarak adlandırılan bu yöntem, bir problemi çözmek için birbirini takip eden tüm aşamaları ve bu aşamalarda etkisi olduğu düşünülen tüm sebepleri dikkate alarak problemin araştırılmasıdır.

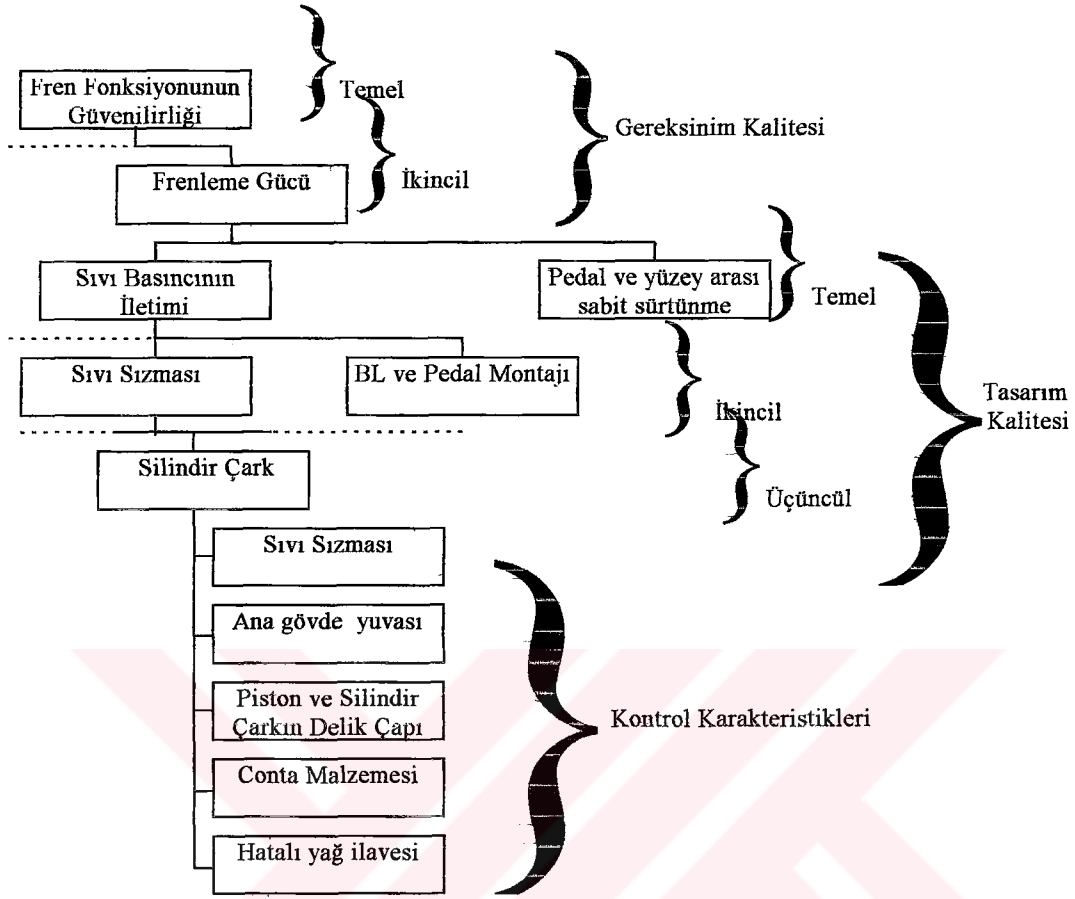
Ağaç diyagramı hazırlanırken; analiz edilecek problem seçilmeli ve amaç belirlenmelidir. İstenilen amaca ulaşmak için ön koşulların belirlenmesi hedefi ile hareket edilmelidir. Ağaç diyagramlarının oluşturulmasında, yakınlık ve ilişki diyagramlarından faydalanılabilir. Ağaç diyagramı şu amaçlarla kullanılmaktadır:

- Yeni ürünler için tasarım kalitesini geliştirmek,
- Kalite güvencesinin şartlarının sağlanabilmesi için, kalite güvence ile kalite kontrol aktivitelerini koordine etmek,
- Sebep-sonuç diyagramı oluşturmak,
- Kalite, maliyet, üretim hacmi ve dağıtım gibi içsel problemlere ilişkin çözümler geliştirmek
- Hedefleri, politikaları ve yürütme aktivitelerini geliştirmek,
- Üretkenliği arttırmaya çalışmak ve kontrol fonksiyonlarına anlaşılabilirlik kazandırmak (MIZUNO, 1988).

Ağaç diyagramının avantajları şöyle sıralanabilir:

- Problem çözmede ya da sistematik veya mantık olarak bir amacın geliştirilmesinde hiçbir önemli madde gözardı edilmeksizin bir strateji sistemi kurulabilir,
- Grup üyeleri arasında fikir birliğine varılmasında yardım eder,
- Bir problemin çözülmesi için gerekli stratejileri açık bir şekilde tanımladığından dolayı yüksek oranda ikna edicidir (TAPTIK & KELEŞ, 1998).

Şekil 2.14, bir otomobil freninin kalite güvencesi için çizilmiş ağaç diyagramından bir kesitidir.



Şekil 2.14 Ağaç Diyagramı (MIZUNO,1988)

2.6.2.4 Matris Diyagramı

İki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmekte kullanılan bir araçtır ve bu ilişkilerin birçoğu bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında olup matris diyagramı aracılığı ile sebep- sonuç ya da ne - nasıl ilişkisi şeklinde tanımlanır.

Matris diyagramları bir probleme katılan veya problem üzerinde etkisi olan faktörlerin, parametrelerin tanımlanmasını ve aralarındaki ilişkinin belirlenmesini sağlar. Matris diyagramının temel avantajı; her çift değişken arasındaki ilişkinin derecesini grafiksel olarak göstermesidir. Bazı durumlarda bu ilişkileri semboller temsil edebilir.

5 tür Matris diyagramı vardır ve bunlar; L-tipi matris, T-tipi matris, Y-tipi matris, X-tipi matris ve C-tipi matrislerdir.

Bu matris çeşitlerinden L, X, T,Y iki boyutludur ve çatı biçimli matrislerdir. C matrisi ise üç boyut olup karmaşıklığı yüzünden sık kullanılmaz.

Çatı biçimi iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkinin analizinde karşılaştırma yapmak için kullanılır. Değişkenler arasındaki ilişkinin niteliği nötr, pozitif ve negatif olmak üzere derecelendirilir. Şekil 2.15’de bir şafta ait bazı hatalarının sebep - sonuç ilişkisinin incelendiği L tipi bir matris yer almaktadır.

HATALAR				
SEBEPLER	Çap hatalı	Çatlak var	Yüzeyde çapak var	
MAKİNA	x		x	
OPERATÖR	x		x	
MALZEME		x		
METOT	x	x	x	
ÖLÇME	x			
ÇEVRE				

x: İlişki var

Şekil 2.15 Hatalı bir şaft için L tipi matris örneği

Matris diyagramları şu amaçlar için kullanılır:

- Sistem ürünlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla kavram oluşturmak,
- Ürün malzemelerinde kalitenin yaygınlaştırılmasını sağlamak,
- Çeşitli kontrol fonksiyonlarının sertifikalandırılmış kalite adımlarını, kalite güvence sistemini oluşturabilmek ve güçlendirebilmek amacıyla birbirine bağlantılı hale getirmek,
- Kalite güvence sisteminin işlemlerini güçlendirmek ve geliştirmek,
- Üretim prosesinde uygunsuzlukların nedenini açığa çıkarmak,

- Ürünlerin karışık olarak piyasaya sürüle- bilmesi için ürün ve pazar durumu arasındaki ilişkiyi belirleyerek yeni stratejiler geliştirmek (TAPTIK & KELEŞ,1998).

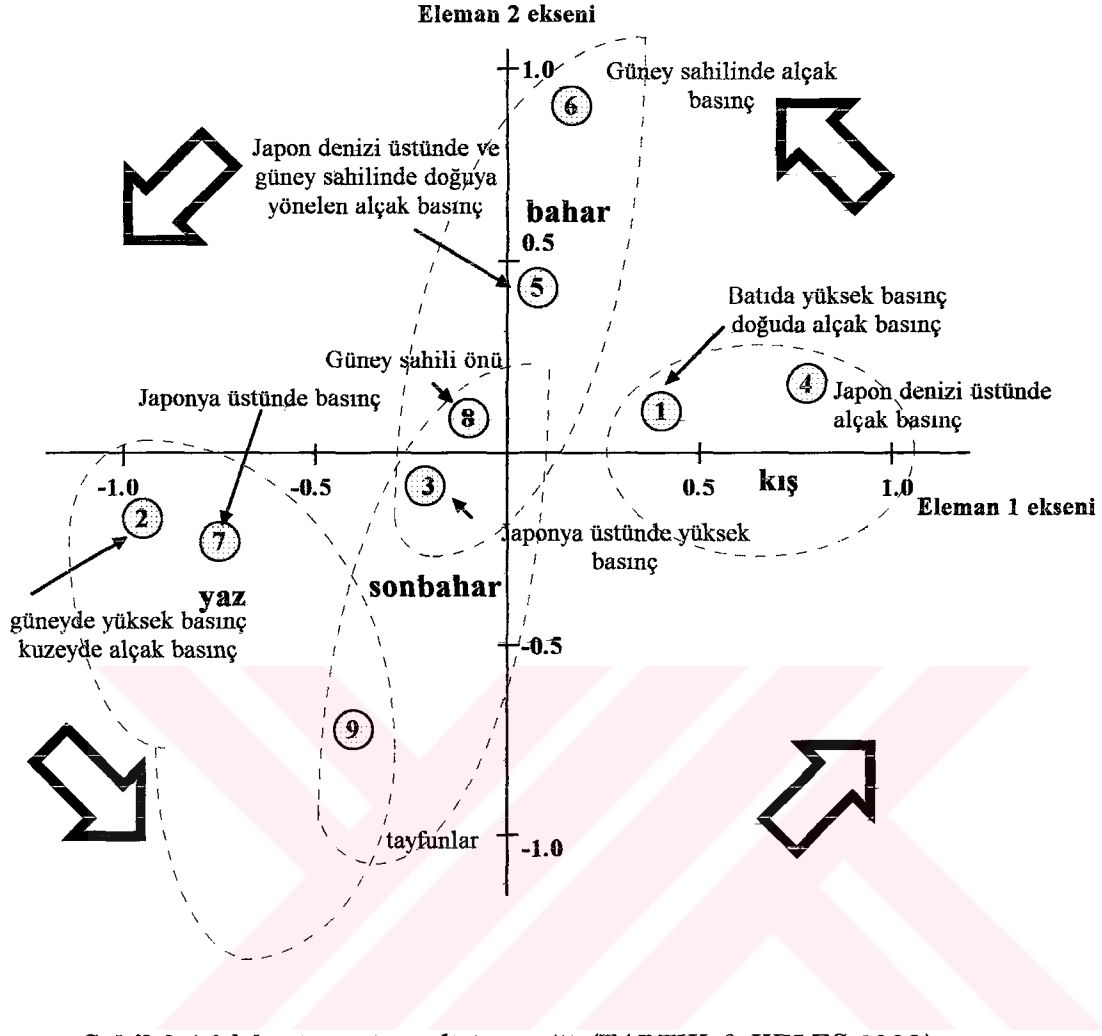
2.6.3.5 Matris Veri Analizi

Matris veri analizi, matrislerdeki verilerin derecelendirilmesi ve düzenlenmesi sonucu sade ve anlaşılır hale getirme işlemidir. Matris diyagramında gösterilen elemanlar arasındaki ilişki kesişen hücreler arasındaki sayısal verilerin derecelendirilmesi ile oluşur. 7 yönetim aracı arasında sayısal metoduna sahip tek araç budur. Özellikle pazar araştırmaları için çok uygun bir yöntemdir.

Matris veri analizinin kullanım amaçları şunlardır:

- Faktörlerin kompleks (karmaşık) olarak birbirini sarması (örtmesi) durumunda üretim prosesini analiz etmek,
- Büyük miktardaki veriyi kapsayan uygunsuzlukların nedenini analiz etmek,
- Pazar araştırması sonucu sonuçlarına göre belirlenmiş olan arzu edilen kalite seviyesini yakalamak,
- Duyarlı karakteristikleri sistematik olarak sınıflandırmak,
- Karmaşık kalite maliyetlerinin üstesinden gelmek (TAPTIK & KELEŞ,1998).

Şekil 2.16'da Japonya çevresindeki meteorolojik koşulların ele alındığı örnek bir matris veri analizi verilmiştir.

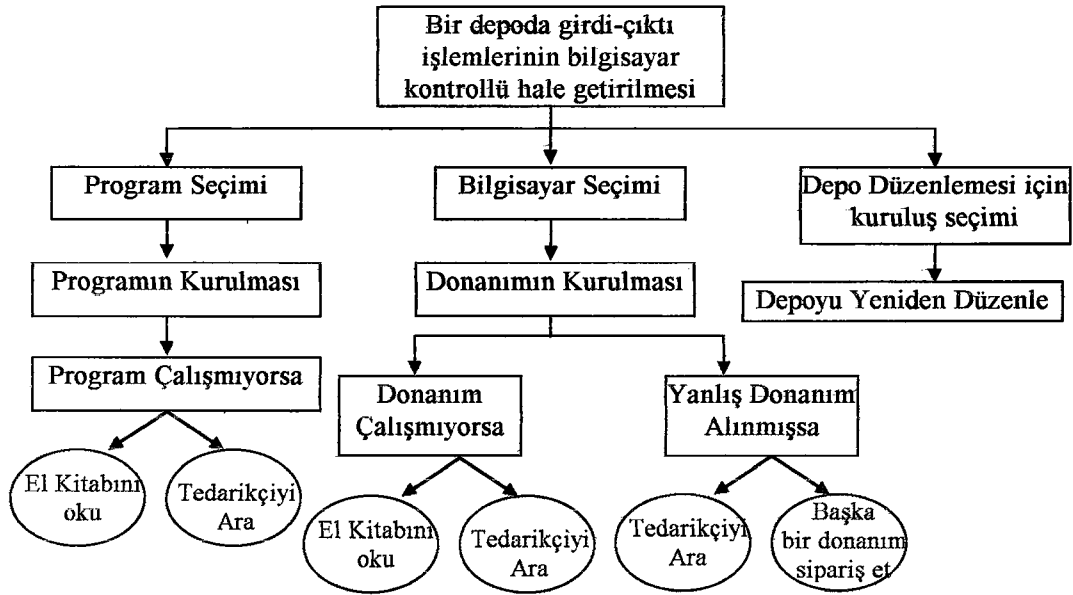


Şekil 2.16 Matris veri analizi örneği (TAPTİK & KELEŞ, 1998)

2.6.2.6 Proses Karar Diyagramı (PDPC-Process Decision Program Chart)

Proses karar diyagramları gerçekleşmesi istenilen ya da istenilmeyen olayları ve muhtemel problemleri kapsayan ayrıntılı yorumlama planının oluşturulmasında kullanılan bir yönetim ve planlama aracıdır.

Proses karar diyagramları, oluşması muhtemel ve bilinen ya da tanımlanabilen bir sebebe bağlı olan tüm problemleri, oluşmadan önce belirlemek ve önlenmek ilkesine dayanır. Şekil 2.17’de örnek bir proses karar diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.17 Proses Karar Diyagramı (TAPTIK & KELEŞ,1998)

Proses karar diyagramının kullanım amaçları aşağıdadır:

- Amaçların yönetimi için yürütücü bir plan oluşturmak,
- Teknoloji geliştirmek için yürütücü bir plan oluşturmak,
- Sistem içerisinde tahmini yapılmış ana olayların önceden görülmesi ve bunlara karşı önlem alınabilmesi için bir politikanın geliştirilmesi,
- Üretim prosesindeki uygunsuzlukları minimize etmek için karşı tedbir oluşturmak,
- Prosesin üstesinden gelebilmek için ayarlayıcı önlemleri kurmak ve seçmek (TAPTIK & KELEŞ,1998).

2.6.2.7 Ok Diyagramı

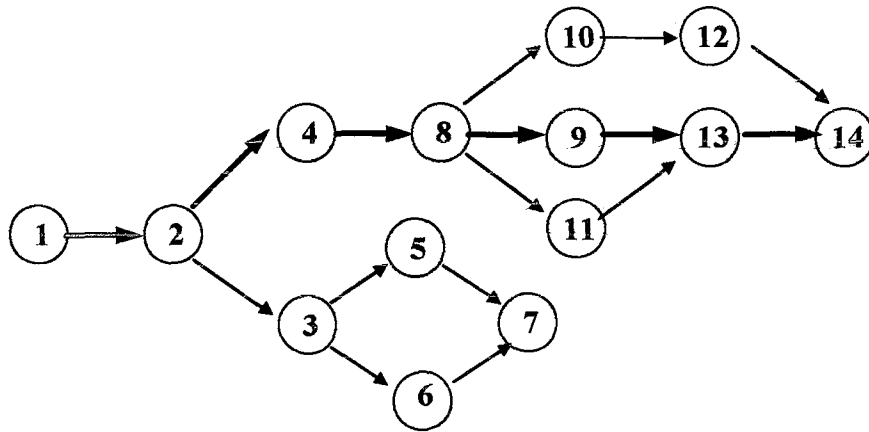
Ok diyagramı, bir proje planlama ve yönetim aracıdır. Bir olayın gelişimini tanımlar ve olayı geliştirebilmek ve izleyebilmek için planlama ve çizelgeleme yapar.

Ok diyagramlarının en önemli işlevi; stratejik kalite planlamada sorumluluk ve zaman programlaması yapmaya katkı sağlamasıdır. Stratejik kalite planlama için vazgeçilmez olan “kim”, “nerede” ve “ne zaman” sorularını yanıtlamakta büyük fayda sağlar. Bu özelliğinden dolayı da geriye kalan diğer 6 yönetim aracı ile

birlikte kullanıldığında “ne”, “nasıl” ve “neden” sorularının yanıtlarının da ortaya konulması ile eksiksiz bir yönetim planı oluşturulması gerçekleştirilebilir. Zaman ve bütçe gereklerine bağlı kalarak bir projeyi tamamlamak için gereksinim duyulan aktivitelerin sürelerini ve mantık sıralarını belirlemekte kullanılır. Programa uymak için gerek duyulan kaynak oranlarını belirlemekte katkı sağlar (TAPTIK & KELEŞ,1998).

Şekil 2.18, süreleri ile beraber listelenen bir eğitim semineri düzenlenmesine ait örnek bir ok diyagramıdır.

Eylem No	Tanım	Süre
1	BAŞLA	
2	Seminerin Çerçevesinin ve İçeriğinin Belirlenmesi	5
3	Seminer Notlarının Çerçevesinin Belirlenmesi	2
4	Metodun Çalışılması	10
5	Notların Hazırlanması	15
6	Baskı için Basımevi ile Bağlantı Kurulması	20
7	Seminer Notlarının Bastırılması	15
8	Gereksinimlerin Belirlenmesi	1
9	Gerekli Literatürün Belirlenmesi	40
10	Seminer Ortamı için Gereklerin Belirlenmesi	1
11	Seminer Vereceklerin Hazırlanması	20
12	Seminer Salonunun Bulunması	12
13	Seminerin Ön sunum Provası	3
14	Seminerin Gerçekleştirilmesi	



Şekil 2.18 Ok Diyagramı örneği (TAPTIK & KELEŞ,1998).

2.7 KALİTE GELİŞTİRME

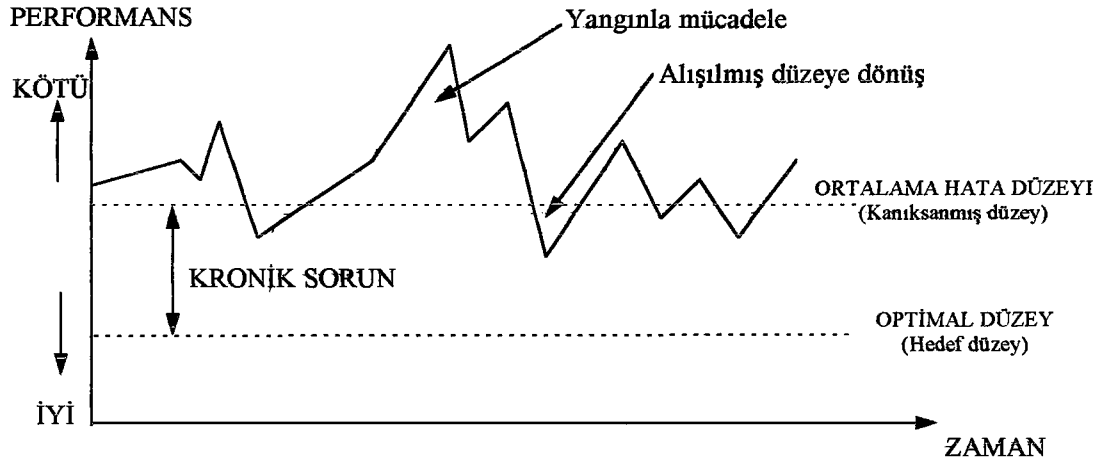
Tüm sistemler ve işletmeler, mükemmel çalışmak, mükemmel ürün ve hizmet sunmak amacıyla yola çıkmıştır. Fakat ilginç olan, mükemmel kavramına hiç bir zaman erişilemeyeceği gerçeğidir. Mükemmel diye adlandırılan her ürünün daha iyisinin yapılabileceği o ürünün mükemmel olmadığına göstergesidir. Mükemmellik hiç gelmeyecek fakat uğruna ter dökmeye değecek bir hedeftir. Bu görüş, işletmelerin standart kaliteden daha iyisini yapmanın yollarını bulması olarak tarif edilen kalite geliştirme kavramını ortaya çıkarmıştır.

Kalite geliştirme çabaları bir işletmede iki tür problemle ilgilidir. Şekil 2.19 bu iki tür kalite sorununu göstermektedir.

Arada sırada çıkan kalite sorunları: Mevcut durumda ani ve olumsuz bir değişiklik ifade edilir. Eski duruma geri dönmek için önlemler alınması gereklidir.

Kronik kalite sorunları: Uzun zamandan beri sürmekte olan ters durumları anlatmaktadır. Önlemlerin, eski durumu değiştirmek amacıyla düşünülmesi gerekir.

Arada sırada çıkan ya da yangın tabir edilen sorunlar daha çok dikkat çeker ve hemen ele alınır. Örneğin teslim süresinin 1 hafta geçikmesi ve müşterinin yakınmaları ya da hammadde tadarığının 1 gün gecikmesi gibi sorunlar bu tür sorunlardır. Kronik sorunlar ise gizli kalmış, sorun olduğu farkedilmeyen noktalarda gizlidir. Örneğin, kusurlu oranı %10 olan bir işletmede bu oran yıllarca aynı değerde ise bu bir başarı gibi değerlendirilmesi kronik bir sorundur. İşletmeler yangın söndürmek ya da günü kurtarmak çabasında oldukları için bu tür kronik sorunlarla ilgilenmezler. Toplam Kalite felsefesinin asıl ilgilendiği sorunlar ise bu kronik sorunlardır ve sürekli gelişim yaklaşımı kullanılarak çözülmeye çalışılır.



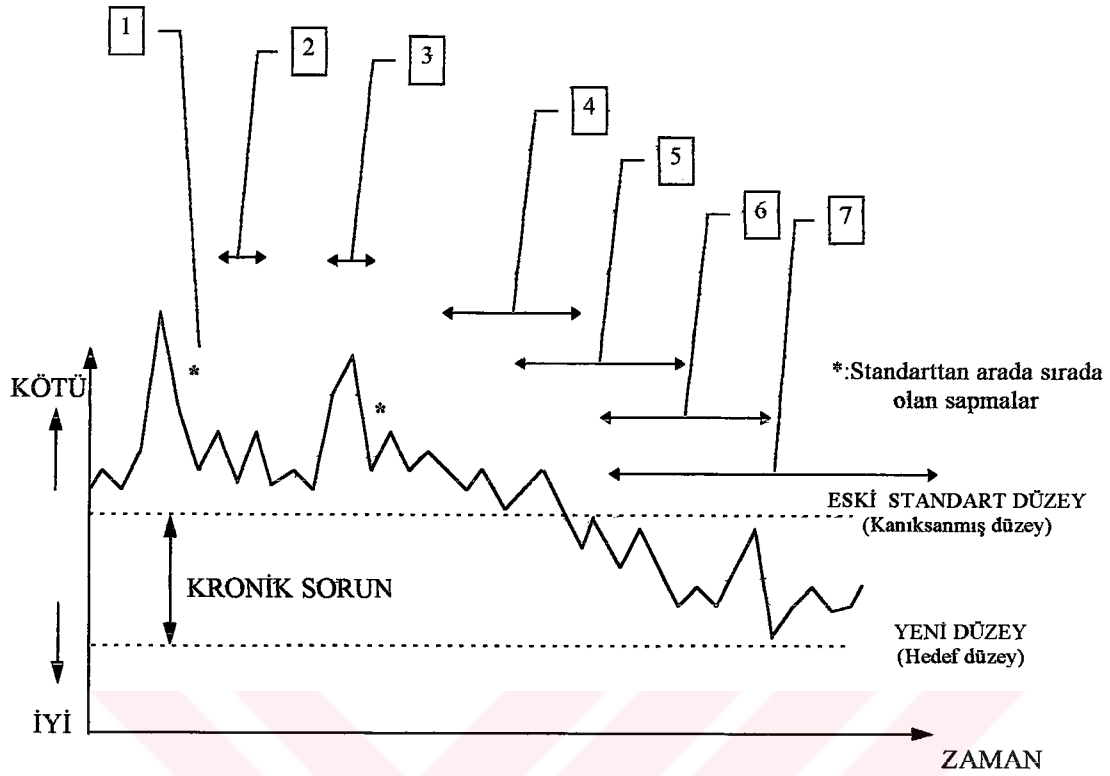
Şekil 2.19 Kalite Sorunları (AKIN, 1989)

2.7.1 Sürekli Gelişim

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

- Sürekli gelişme olmaksızın kalite geliştirme çalışmaları tam anlamına kavuşmaz.
- Sürekli gelişme sorunlarla birlikte yaşama alışkanlığına karşı çıkar.
- Sürekli gelişme en büyük kronik kalite sorununu hedefler.
- Sürekli gelişmenin “yangın söndürme” türündeki çözüm yaklaşımlarına göre önemli üstünlüğü vardır.
- Sürekli gelişme, ani ve büyük değişiklik kavramının tam tersidir.
- Sürekli gelişme felsefesini benimseyip uygulamak tüm kalite çalışmalarının amorti eder (AKIN, 1989).

Şekil 2.20 Juran’ın 7 sürekli gelişim adımı uygulanmasıyla, kanıksanmış hata düzeyinin nasıl geliştirileceğini göstermektedir. Sürekli gelişim kavramından önce, kanıksanmış düzey amaç olarak tanımlanmış, hatta bu düzeyi geliştirmenin ekonomik olmadığı ve teknolojik olarak da imkansız olduğu varsayılıyordu. Oysa sürekli gelişim felsefesine göre bu mevcut durumdan daha iyisi olabilir.



Şekil 2.20 Kanıksanan Hata düzeyi gelişimi (AKIN, 1989)

Bu gelişimde izlenen Juran'ın 7 adımı şunlardır:

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

7. Yeni düzeyi koruma ve yeni bir gelişim projesi: Yeni düzeyi sürdürmek için kontroller yerleştir.

2.7.2 Kaizen Kavramı

KAIZEN sürekli gelişmeyi ifade eden Japon olgusudur. Kaizenin amacı, süreçlerde küçük değişiklik ve iyileştirmelerle sonucun iyileştirilmesini sağlamaktır.

Yönetimin, mevcut durumun korunması ve bu durumun geliştirilmesi olarak tanımlayabileceğimiz iki fonksiyonu vardır. Kaizen, müşterinin memnuniyetini ve tatminini esas çıkış noktası olarak gördüğü için hem hizmet hem de üretim sektöründe uygulanabilecek bir yaklaşımdır.

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

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

Yenilik, yeni teknoloji veya araçlara yapılan büyük yatırımlar sonucu mevcut durumun köklü biçimde değiştirilmesidir. Yenilik ile kaizen arasındaki fark merdiven ile yokuş arasındaki farka benzer. Japon yöneticiler, karşılaştıkları her problem sonucu mevcut sistemi büyük paralarla yenileyen, eskiyi çöpe atan Avrupalı meslektaşlarına sık sık şunu söyler: “ Eğer paran yoksa kafanı kullan, eğer beynin de yoksa o zaman terle” (IMAI,1994). Tablo 2.6 Kaizen ve yenilik arasındaki farklılıkları göstermektedir.

Tablo 2.6 Kaizen ve Yenilik (IMAI, 1994)

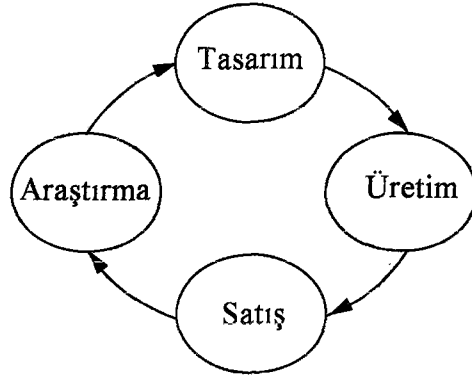
	KAİZEN	Yenilik
1.Etki	Uzun vadeli, heyecan verici değil	Kısa vadeli, heyecan verici
2.İlerleme	Küçük adımlarla	Büyük adımlarla
3.Tempo	Sürekli ve düzenli gelişerek	Aralıklarla ve gelişimi düzensiz
4.Değişim	Kademeli ve sürekli	Birdenbire ve geçici
5.Katılım	Herkes	Sınırlı sayıda “şampiyon”
6.Yaklaşım	Çoğulcu, sistemsel yaklaşım	Bireysel fikir ve çabalar
7.Tarz	Koruma ve iyileştirme	Hurdalama ve yeniden kurma
8.Kıvılcım	Konvansiyonel bilgi	Teknolojik gelişmeler, keşif ve yeni teoriler
9.Uygulama için Gereksinim	Küçük yatırım, korumaya dönük yoğun çaba	Büyük yatırım ve koruma yönünde az çaba
10.Çaba Yönelimi	İnsan	Teknoloji
11.Değerlendirme Kriteri	Daha iyi sonuca yönelik yöntem ve çabalar	Kar amacına yönelik sonuçlar
12.Avantaj	Yavaş gelişen ekonomilere iyi işler	Hızlı gelişen ekonomilere daha uygun

2.7.3 Kalite Geliştirme Prosesi

Bugünkü global rekabet ortamında, hayatta kalmak ve daha iyiye gitmek için ürün, hizmet ve proses her zaman ilk hedefimiz olmalıdır. Bunun başarılması, ürünlerin ve hizmetin sürekli gelişen bir yaşam döngüsüne ulaşmaya kadarki tasarım ve geliştirme optimizasyonunun, yönetim tarafından güvenilir ve kapsamlı bir kalite anlayışını uygulaması ile mümkündür (FRIGON & MATHEWS, 1997).

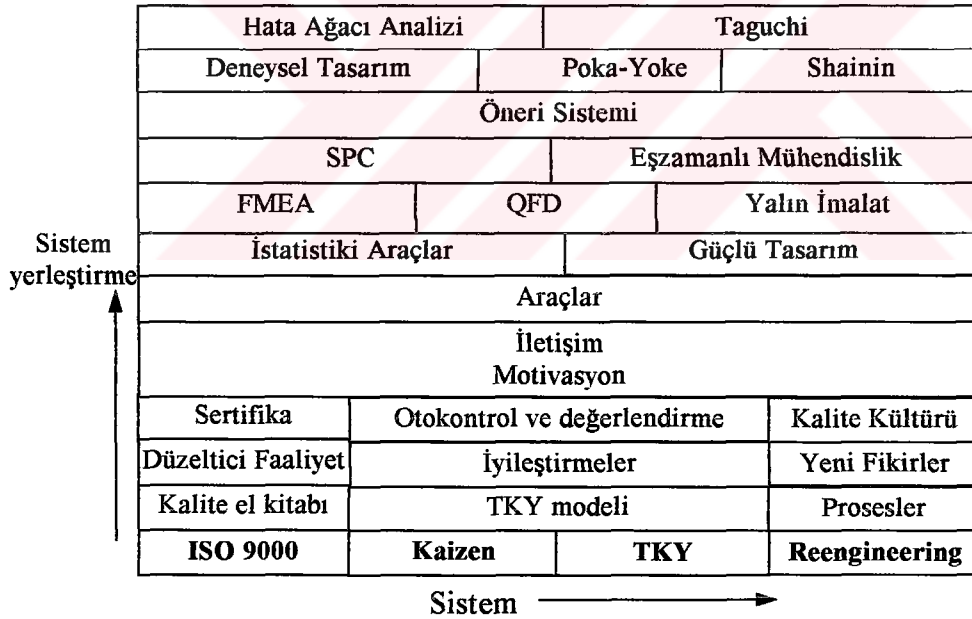
Evrensel bir rekabet için izlenecek rota, ürün ve hizmetimizdeki değişikliklerin azaltılmasıdır. Ürün, hizmet ve prosesimizdeki değişkenliklerin azaltılması, pazardaki rekabet gücümüzü ve karımızı dolaysız yoldan artırır. Bu değişkenlik azaltımı, kusurlu oranlarını düşürür, ıskarta ve yeniden işleme azalır, pazar potansiyelimiz genişler ve garanti maliyetlerimiz azalır .

Kalitenin sürekli olarak geliştirilmesinin gerekliliğini, Deming halkası veya PUKÖ (Planla-Uygula-Kontrol et-Önlem al) döngüsünde görmek mümkündür. Şekil 2.21, bir şirketin müşteri beklentilerine uygun ve daha kaliteli üretim yapabilmesi amacıyla araştırma, tasarım üretim ve satış arasındaki sürekli alışverişin ve etkileşimin önemini anlatmaktadır.



Şekil 2.21 Deming Çevrimi (IMAI,1994)

Mevcut kaliteyi geliştirmek için işletmelerce benimsenen felsefeler ve kullanılan tekniklerin oluşturduğu kalite haritası ise Şekil 2.22’de gösterilmiştir ve bunu oluşturan elemanlar kısaca açıklanmıştır .



Şekil 2.22 Kalite Haritası (ŞEKEROĞLU,1996)

2.7.3.1 İstatistiksel Proses Kontrolü (SPC-Statistical Process Control)

Sürecin istatistiksel yöntemler ile sürekli olarak kontrol altında tutulmasını sağlayan yöntemdir. Prosesin gözlemlenmesi sonucu elde edilen bilgi, prosesin performansına ait yorum yapabilmemize olanak tanır. Yapılmakta olan hataların varlığının farkedilmesini sağlar ve bu hataya neden olan faktörlerin giderilmesi ile

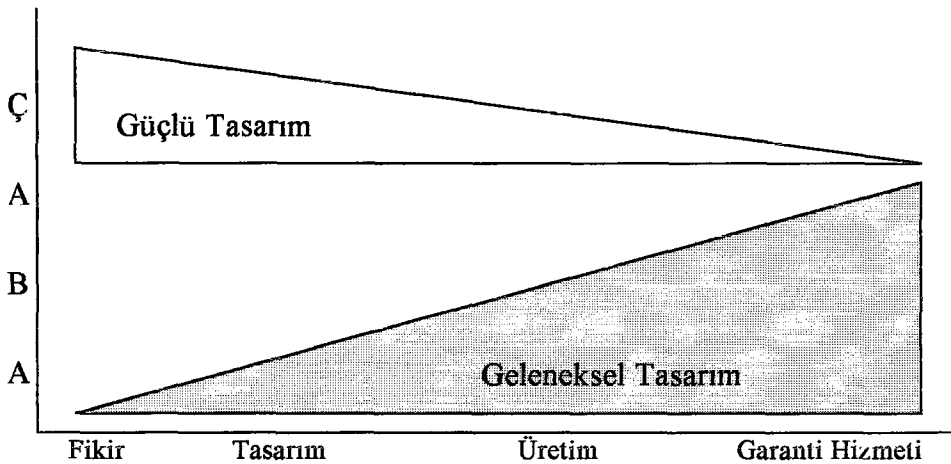
kalite geliştirilir. İstatistiksel proses kontrolü, verilerin istatistiksel yöntemlerle incelenmesi, şemalarda gösterimi ve hataların yapıldığı anları bildirmesinden öte, toplam kalite yönetiminde analiz ve değerlendirme amacıyla da kullanılmaktadır.

2.7.3.2 Güçlü Tasarım (Robust Design)

Yüksek kalite, düşük maliyet ve zamanında üretim ile eşanlı düşünülen kuvvetli (güçlü) olmak her sistem için optimum durumdur. Tasarım ekibinin amacı, ürün ve proses için kuvvetli tasarımı bulmaktır. Bunu sağlamak için, ürün veya prosesi gürültü (noise) faktörlerine karşı dayanıklı hale getirmek gereklidir.

Gürültü faktörleri içsel ve dışsal faktörler olarak, üretimin istenilen biçimde gerçekleşmesini engeller. Dışsal gürültü için ortam ısı ve nemi, operatörün uzmanlığı örnek verilebilir. İçsel faktörlere örnekler ise, üretim prosedürleri, tezgahlardaki aşınmalar, farklı hammaddeler verilebilir ve bunlar üretimde değişkenliğe sebep olur.

Geleneksel tasarım ile güçlü tasarım arasındaki farkı anlatan Şekil 2.23 aşağıdadır. Rekabet çabaları olarak isimlendirilen değer, zaman ve maliyet harcamalarıdır. Şekilden de anlaşılacağı gibi, güçlü tasarımlar için geleneksel tasarımlara göre daha fazla efor harcanırken, ürünün yaşam süresi içerisindeki toplam efor azalmıştır.



Şekil 2.23 Rekabetçi Çaba (FRIGON & MATHEWS, 1997)

2.3.7.3 Kalite Fonksiyon Açınımı (QFD-Quality Function Deployment)

Kalite geliştirmede müşteri memnuniyetinin arttırılması temel amaçtır. Bu amaçla, tüm organizasyonun sürekli ve düzenli bir biçimde müşteri açısından önemli kabul edilen özelliklere yönelmesi gerekir. QFD, pazar ya da müşteri tarafından tanımlanan kalite hedeflerini işletme diline çeviren bir prosesdir. Bu teknik, işletmenin tüm fonksiyonel bölümlerinin bir arada çalışmasını gerektirir. İlerleyen bölümlerde QFD’den detaylı olarak bahsedilmiştir

2.3.7.4 Hata Ağacı Analizi (FTA-Failure Tree Analysis)

Sistemin güvenilirliğinin ve emniyetinin tanımlanması amacıyla kullanılan bir yöntemdir (FTA). Tasarımcının çözümler getirmesi gereken hataları tanımlaması ve bunlara sebep olan ana nedenleri belirlemesinden oluşur. Bu teknik ile, kompleks ve karşılıklı ilişkiler sonucu ortaya bir olumsuzluğun (sistem hatası) belirlenebilir. FTA, hataları ve bunları oluşturan sebeplerin tümünü içerir. Zaman alıcı ve yüksek maliyetli bir çalışma olmasına karşın, FMEA için temel oluşturur.

2.3.7.5 Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA-Failure Mode & Effect Analysis)

Kalitenin iyileştirilmesi ve önlenmesi amacıyla kullanılır. Kısaca, uzmanlardan oluşan bir takım ile üründe hataya sebep olabilecek tüm faktörlerin incelenmesidir. Bu inceleme sonucuna ürünün kalitesini düşüren en önemli nedenler bulunur. FMEA çalışmasının amacı, en iyi sonucu verecek ya da giderilmesi gereken en önemli sorunun hangisinin olacağına karar vermektir. İlerleyen bölümlerde, FMEA’dan detaylı olarak bahsedilmiştir

2.3.7.6 Yalın Üretim (Lean Production)

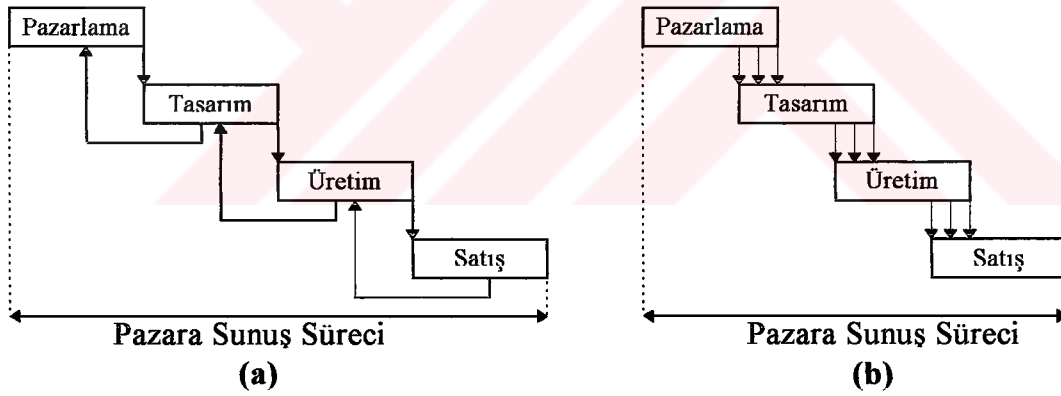
Toyota üretim sisteminden türetilen yalın üretim, tedarik süresinin azaltımı amacıyla prosesdeki, ürüne katma değeri olmayan israfların yokedilmesi sürecidir. Bu sürecin uygulanmasıyla sağlanabilecek yararlar; çevrim süresinin azalması ve buna bağlı üretim kapasitesinin artması, zamanında teslim edilen ürün sayısında artış, stoklarda düşme, verimlilik ve kapasite artışı olarak sayılabilir. Yalın

üretimin ideali, tüm alanlarda yapılacak basit iyileştirmeler ile optimum proses kabul edilen “boru hattı” akışına (pipelines veya one-piece flow) ulaşmaktır.

2.3.7.7 Eşzamanlı Mühendislik (Concurrent Engineering)

Mühendislik çalışmalarının, değişik birikimlere sahip mühendislerden oluşan takımlar yoluyla yürütülmesidir. Bu takımlar, haftanın belirli günleri bir araya gelip çözüm üreten takım yapısında değildir, takımların sürekliliği esastır. Oluşturulan bu farklı disiplinlerden gelen mühendisler takımı, birarada çalışarak ileride oluşabilecek hataları görüp çözüm üretirler. Eşzamanlı mühendislik ile düşük maliyetli, kolay üretilen ve servis edilebilen ürünlerin geliştirilmesiyle, işletmelerin karlılıkları artar ve rekabet avantajı sağlanır.

Şekil 3.24’de geleneksel ve eşzamanlı mühendislik faaliyetlerini göstermektedir. Buna sıralı mühendislik bilgi akışı denmesinin sebebi, mühendislik faaliyetlerinin seri bir biçimde bağlanması prensibindendir.



Şekil 2.24 Değişen Mühendislik Yaklaşımı (ÜNSAL, 1997)

Eşzamanlı mühendislik ise, mühendislik faaliyetlerinin, birbiriyle ilişkili biçimde paralel olarak yürütülmesidir.

2.3.7.8 Poka-Yoke

Toyota’ da endüstri mühendisi Shingo tarafından sıfır hatayı (ZOQ-Zero Quality Control) sağlamak amacıyla geliştirdiği, kasıtlı olmayan ya da tesadüfi hatalardan kaçınma anlamına gelen hata engelleyici bir yaklaşımdır. Poka-Yoke’nin temelini, maliyeti düşük iyileştirme hareketlerinin, tüm makinalar üzerinde ve sürekli olarak

denenemesi oluşturur. Bu yöntemin bir çeşit Kaizen olduğuda söylenebilir, çünkü yenilikler yerine, basit aparatlar ve hazırlıklar yaparak kalite geliştirilmeye çalışılır. Yeni makinalar alma ve bunun kurulması aşamasındaki zaman ve maliyet israfını engellemeye yarar. Yöntem, istatistiksel proses kontrolünün sonuçlarını kullanarak, olası hata türlerinin belirlenmesi ve engellenmesinden oluşur. Poke-Yoke'nin temel düşüncesinde hatalar, yanılğı ve yanlışlıklardan kaynaklanmaktadır. Bilginin unutulması, karıştırılması, yanlış anlaşılması veya değiştirilmesi gibi bu sebeplerden dolayı hatalar ortaya çıkmaktadır.

2.3.7.9 Deneysel Tasarım (DOE-Design of Experiments)

Ürün kalite karakterlerini (çıktı değişkenleri) etkileyen , proseslerin ve ürünlerin tüm aktivitelerinin (girdi değişkenleri) tüm detaylarıyla anlaşılması ve müşteri isteklerine uygun olan son ürünü etkileyen parametrelerin ne olacağının belirlenmesi işlemidir. Diğer bir deyişle deneysel tasarım, üretim ve tasarım parametrelerinin optimizasyonudur. İlerleyen bölümlerde, DOE'den detaylı olarak bahsedilmiştir.

2.3.7.10 Shainin

Her süreçte, bir ana nedenden dolayı değişkenlik oluşur. Kırmızı X (red-x) olarak adlandırılan bu ana neden tek değişkenden ya da birkaç değişkenin etkileşiminden oluşabilir. Shainin metodu bu ana nedenin giderilmesi için iyileştirmeler yapar. Bu yöntemin arkasında Pareto-Analizi vardır.

2.3.7.11 Öneri Sistemi

İşletmede çalışan kişilerin düşüncelerinin, kalite geliştirme ya da başka bir amaçla kullanılması esasına dayanır. Kalitenin herkesin işidir ve herkesin bu konuda söyleyecek birşeyleri vardır. Bu yöntemin etkili olabilmesi için, tekliflerin çok çabuk değerlendirilerek partiğe geçirilmesi gereklidir. Bu sayede çalışanlara, fikirlerine ihtiyaç duyulduğu inancı yerleşir ve katılım artar.

3.KALİTE FONKSİYON AÇINIMI (QFD)

3.1 KALİTE FONKSİYON AÇINIMI KAVRAMI

Kalite fonksiyon açınımı, tüketicinin satın almak istediği ürünlerin veya hizmetlerin tasarımı, üretimi ve pazarlanması amacı ile, organizasyon içindeki beceriler üzerinde yoğunlaşarak gerekli koordinasyonu sağlayan bir dizi planlama ve iletişim süreçlerinden oluşan sistematik bir yaklaşımdır (ACAR,1995).

Bu nedenle kalite fonksiyon açınımı, kalite geliştirme işlemini yapılandıran bir süreçtir ve sürecin temelinde teknolojik yenilikler değil, müşteri istekleri vardır. QFD'nin amacı ürün ve hizmetlerin, tüketicilerin istek ve beğenilerini yansıtacak şekilde tasarlanmasıdır.

Buna bağlı olarak, müşteri isteklerinin belirlenmesi için harcanan çaba, ürünün planlama zamanının artmasına sebep olsa da asıl amaç, doğru kabul edilen yani müşterinin istediği ürünün pazara erken çıkartmaktır.

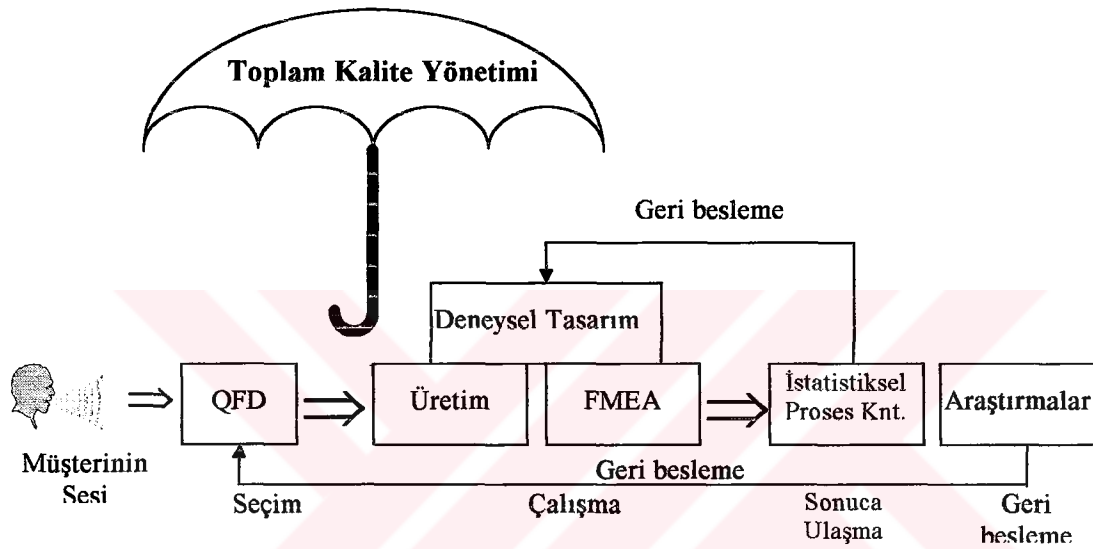
Bu amaçla, yeni bir ürün veya mevcut üründe geliştirme yapma fikri ortaya çıktığı andan itibaren, pazarlamacılar, satıcılar, ürün yöneticileri, üreticiler, ve tedarikçilerin sıkı bir işbirliği içinde birlikte çalışmaları gerekmektedir. Bu çalışmaları düzenleyen kalite evi adı verilen bir algılama haritası oluşturulur.

Kalite evi, bir anlamda, fonksiyonlararası (tasarım - imalat - pazarlama) planlama ve iletişime olanak tanıyan kavramsal bir şema olarak tanımlanabilir (ACAR,1995).

QFD, kısaca tüketici istekleri ile başlayıp nihai ürünün tüketiciye ulaşmasına kadar geçen süreçteki, tüm fonksiyonlararası ilişkileri sistematik bir şekilde doküman haline getiren matrisler dizisi şeklinde tanımlanabilir.

QFD, metodolojisinin amacı; bir ürün veya hizmetin, müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılayabilmesi için sahip olması gereken tüm teknik özelliklerinin değerinin tanımlanması ve öneminin belirlenmesidir (SULLIVAN,1989).

Bu belirlemeler, toplam kalite yönetimi çerçevesinde, QFD'yi diğer kalite teknikleri ile etkileşimli bir çalışma içerisine sokar. Şekil 3.1, kalite fonksiyon açılımı ile diğer kalite tekniklerinin nasıl kullanıldığını göstermektedir.



Şekil 3.1 QFD'nin diğer kalite teknikleri ile etkileşimi (DAY,1997)

Kalite fonksiyon açılımı, bir ürün geliştirme prosesinde tasarım aşamasından başlayarak prosesin her aşamasında kalitenin temin edilmesi için gerekli spesifik metotları kapsar. Diğer bir deyişle, kalite fonksiyon açılımı müşteri taleplerinin tasarım aşamasında hedef, üretim aşamasında da majör kalite güvence noktası olarak kullanılmasını sağlayan bir metottur. Kalite fonksiyon açılımı aynı zamanda, yeni ürün geliştirme prosesinde tasarım hedeflerini belirleme özelliği ile tasarım kalitesini güvence altına alan bir kaynak olarak da önem kazanır (AYDIN, 1998).

Kalite fonksiyon açılımı, iki bölümden oluşur: İlk bölüm, son kullanıcının bakış açısından hedefleri belirlemektir. Firma müşterilerin beklentilerinin ne olduğunu düşünmek yerine bunu, müşterilerinden gelen geri bildirimler veya çeşitli

yöntemlerle realize etmelidir. İkinci bölüm ise, hedeflerin geriye doğru yayılmasıdır. Bu, kalite evleri zincirinin kurulması ile mümkündür.

3.2 KALİTE FONKSİYON AÇINIMININ GELİŞİMİ

Japonya sınırlı doğal kaynaklarına karşın geliştirilen proseslerle ve yüksek kaliteli hammadde alımı ile dünyadaki en ucuz çelik üretimini yapmayı 1960’larda başardı.

Bu ekonomik ama kaliteli çelikler ile büyük kargo gemileri yapmış ancak bu kargo gemilerinde manevra, itici güç ve dengede durma konusunda bazı sıkıntılar yaşanmıştır. Bu gemileri Japonya’da üreten Mitsubishi Heavy Industries firması 1960’larda Japon hükümetine başvurarak, bu kompleks kargo gemilerinin lojistik olarak geliştirilmesi konusunda yardım istemiştir. Japon hükümeti çeşitli üniversitelerdeki profesörlerden bir ekip kurarak, özel müşteri ihtiyaçlarını tümüyle karşılamaya yönelik, gemi inşa prosesini adım adım ele alan ve müşteri gereksinimlerini bu adımlarda yerli yerine oturtan bir sistem oluşturulmasını sağlamıştır

İşte bu çalışmalardan Kalite Fonksiyon açılımı olarak tanımlanan ilk uygulama, 1972 yılında Mitsubishi-Kobe tersanesinde uygulanan bir tasarım aracıdır. Bu metot daha sonra Toyota tarafından geliştirilmiştir. Japonya’da Kalite Evi, tüketim elektroniği, ev eşyaları, giyim, tekstil, sentetik lastik, inşaat makineleri, tarım makineleri gibi imalatçı sektörlerde başarı ile kullanılmıştır. Japon tasarımcıları bu tekniği yüzme okulları, perakende satış mağazaları hatta konut planlaması gibi imalatçı sektörlerde başarı ile kullanılmıştır. Bir dizi planlama ve iletişim yöntemi olan QFD, müşterilerin satın almak istedikleri ve isteyecekleri malların önce tasarımı daha sonra üretimi ve pazarlanması için bir organizasyonun becerilerine odaklanır ve bunları koordine eder (HAUSER & CLAUSING, 1988).

Kalite fonksiyon açılımının, konuyla ilgili uygulamalar göz önüne alındığında, ürün geliştirmenin ilk aşamalarında meydana gelebilecek problemleri yarıya indirdiği, müşteri tatmini ve satışların artmasını sağladığı, geliştirme zamanını yarisından fazla azalttığı gözlemlenmiştir (AKAO, 1988).

Fakat bu yöntem doğru olarak uygulanmazsa, yukarıdaki faydaları sağlamaz aksine ek bir iş yükü ortaya çıkar. Her şirketin şartları farklıdır ve uygulamada başarı için yaratıcı olmak ve şirketin yapısına uygun bir metot bulmak gerekir.

3.3 KALİTE FONKSİYON AÇINIMININ FAYDALARI

Kalite fonksiyon açılımının amacı; bir ürün veya hizmetin, müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılayabilmesi için sahip olması gereken tüm teknik özelliklerinin değerinin tanımlanması ve öneminin belirlenmesidir.

Kalite fonksiyon açılımı, işletmenin herhangi bir projeyi ilgilendiren tüm bilgilerini organize eden ve analiz etmede yardımcı olan bir prosesdir. QFD ile işletmeler, öncelikle dikkat isteyen elemanlara odaklanır. Performansının iyi olduğu alanlar için yatırım yapmasına gerek kalmaz.

Müşterilerin istekleri belirlenmesi için kullanılabilecek kaynaklar, odak gruplarından, şikayet raporlarından, pazar testlerinden, müşteri denetimlerinden, satış elemanlarından, tedarikçilerden elde edilebilir.

Yapılacak olan kalite fonksiyon açılımının faydaları Tablo 3.1’de özetlenmiştir.

Tablo 3.1 Kalite Fonksiyon Açılımının Faydaları

MÜŞTERİ ODAKLIDIR	- Müşteri ihtiyaçları, istekleri ve beğenileri üzerinde yoğunlaşılmasını sağlar. - Kendi ürünümüzü rakip ürünlere göre konumlandırır. - Geliştirme önceliklerinin belirlenmesine yardımcı olur. - Tüm katılımcıların bilgi ve deneyimlerinin birlikte kullanılmasını sağlar.
TASARIM ve GELİŞTİRME ZAMANINI KISALTIR	- Ürünlerde yapılacak değişikliklerin sayısını azaltır. - Satış sonrası problemleri azaltır. - Önyargı ve yanlış varsayımların önüne geçer. - Geleceğe yönelik fırsatları tanımlar. - Öncelikli olmayan geliştirme çabalarına yönelinmesini önler. - Ayrıntılarla birlikte genel bir görüş de verir.
TAKIM ÇALIŞMASINI TEŞVİK EDER	- Katılım esastır. - Birimlerarası iletişimi güçlendirir.
BELGELEMİYİ SAĞLAR	- Tasarım ve geliştirme müşteri odaklı bir belgeleme oluşturur. - Dökümantasyonun özümsemesini kolaylaştırır. - Bilgiyi yapılandırır. - Değişikliklere uygunluk sağlayabilir. - Duyarlılık analizi için temel oluşturur.

3.4 KALİTE EVİ (HOUSE OF QUALITY)

Kalite evi, temel olarak müşterilerin satın almak istedikleri ve satınalmaya devam edecekleri ürünlerin tasarımı, imalatı ve pazarlanmasının, müşteri istekleri doğrultusunda yönetilmesini sağlayan ve işletme içindeki farklı fonksiyonların birarada çalışmasına olanak veren eşzamanlı mühendislik tekniğidir.

Kalitenin çok boyutlu bir kavram olduğu hatırlanırsa, müşterilerin kaliteli bir ürün tanımlarında çok farklılıklar gösterecektir. Bu tüm boyutlardaki taleplerin hepsini karşılamak oldukça zordur. Stratejik kalite yönetimi, tüketicilerin satın aldıkları ürünleri hiç tamire götürmemeleri anlamına gelmez. Müşteri istediklerini öğrenerek, bunları mühendislerin makul seviyede üretebilecekleri bir çözümde birleştirmeleri anlamına gelir.

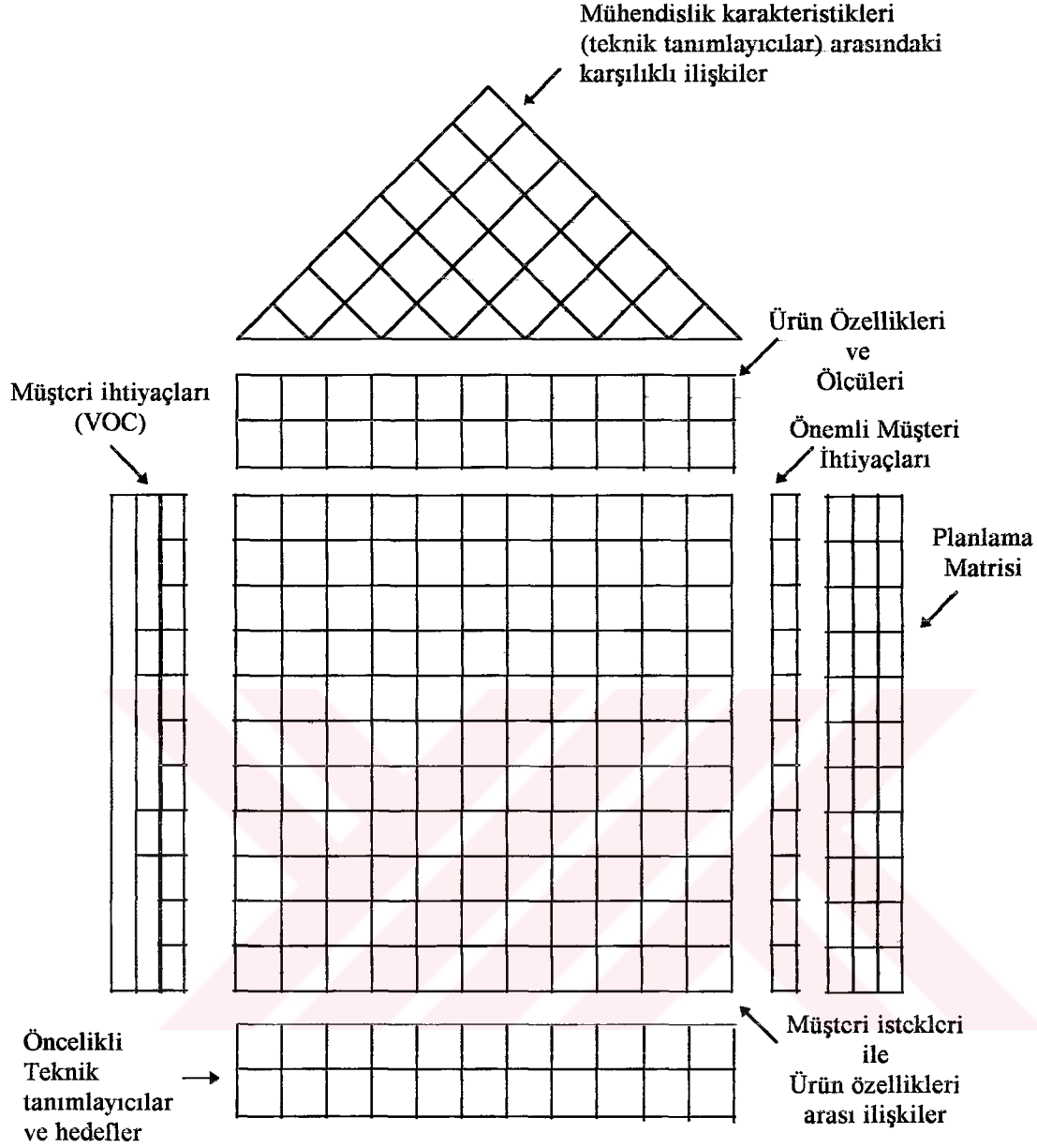
Kalite fonksiyon açılımının temeli olan kalite evi, yedi farklı elemandan oluşan geniş ve esnek bir matristir. Şekil 3:2 bu yedi elamandan oluşan kalite evini göstermektedir.

Matrisin sol tarafı, müşterilerin üründen beklentilerini (VOC-Voice of Customer) tanımlar ve bu beklentilerin önem derecelerini içerir. Önem dereceleri belirlenirken, müşteri kaynaklı olması gereklidir fakat mümkün olmadığı durumlarda QFD takımının deneyimlerine göre de oluşturulabilir.

Bu müşteri ihtiyaçlarının bilinmesinin, işletmeye rekabetçi bir üstünlük sağlayıp sağlayamayacağı ise kalite evinin sağındaki öncelikli ya da önemli müşteri ihtiyaçları kolonunda gösterilir.

Bu değerlendirme, planlama matrisi olarak isimlendirilen bölümde gösterilerek, işletmenin hangi müşteri ihtiyaçlarına iyi, hangilerine yetersiz cevap verdiğinin anlaşılmasına ve hangi konularda bir geliştirme faaliyeti yürütülmesi gerektiğinin belirlenmesine yarar.

Oluşturulan tüm önceliklere göre ürünün nasıl geliştirileceği, bir başka deyişle müşteri ihtiyaçlarına nasıl cevap verilebileceği, mühendislik karakteristiklerinin belirlenmesiyle ortaya çıkar.



Şekil 3.2 Kalite Evi Matrisi (SHILLITO, 1994)

Kalite evinin ortasında yer alan bölüm, ilişki matrisidir. Bu matris, müşteri ihtiyaçları ile mühendislik karakteristiklerinin birbirini ne kadar etkilediğini gösterir.

İlişki matrisinin altında, mühendislik karakteristiklerine ait ölçüler görülmektedir. Bu ölçüler, işletmenin ürününü, pazardaki diğer rakip ürünlerden daha iyi hale getirmek için hangi mühendislik özelliklerinde ne kadarlık bir geliştirme yapması gerektiğinin belirlenmesinde kullanılır.

Mühendislik karakteristiklerinin herbirinin diğer mühendislik karakteristiklerini nasıl ve ne düzeyde etkilediğinin gösterilmesi ile kalite evinin çatısı ortaya çıkar. Bu çatı matrisi, ilişki matrisi ile en aşağıdaki öncelikli mühendislik karakteristikleri matrislerinin birarada değerlendirilmesi sonucu oluşturulur. Bu çatı matrisi, iyileştirme faaliyetlerindeki çelişkilerinde gözönüne alınmasını sağlar. Örneğin birbirlerini ters yönde etkileyen mühendislik karakteristiklerini bilmememiz, yanlış ya da gereksiz bir mühendislik karakteristiğini geliştirmemize sebep olabilir.

Kalite evinin tasarımının daha iyi anlaşılabilmesi için, bu süreci aşama aşama inceleyerek anlatan, iyi bir kahve fincanı üretilmesini konu alan klasik bir örnek verilmiştir (DAY,1997).

AŞAMA 1: Müşteri Beklentileri

İlk aşama, müşterinin üründen beklediklerini, müşterinin terimleriyle ifade edilmesidir. Daha detaylı bir liste elde edebilmek için en genel müşteri istekleri olan birincil ihtiyaçlar, ikinci ve üçüncül ihtiyaçlar olarak genişletilir. Bu bilgiler genellikle pazar araştırmaları, satıcının verdiği bilgiler ve satış departmanının talepleri, müşteri isteklerinin belirtildiği dergiler ya da yazılar gibi birçok değişik kaynaktan elde edilebilir. Bu ilk aşama, sürecin en zor kritik ve zor kısmıdır. Çünkü bu aşamada müşterilerin gerçekten ne istediği ortaya çıkarılmak gereklidir.

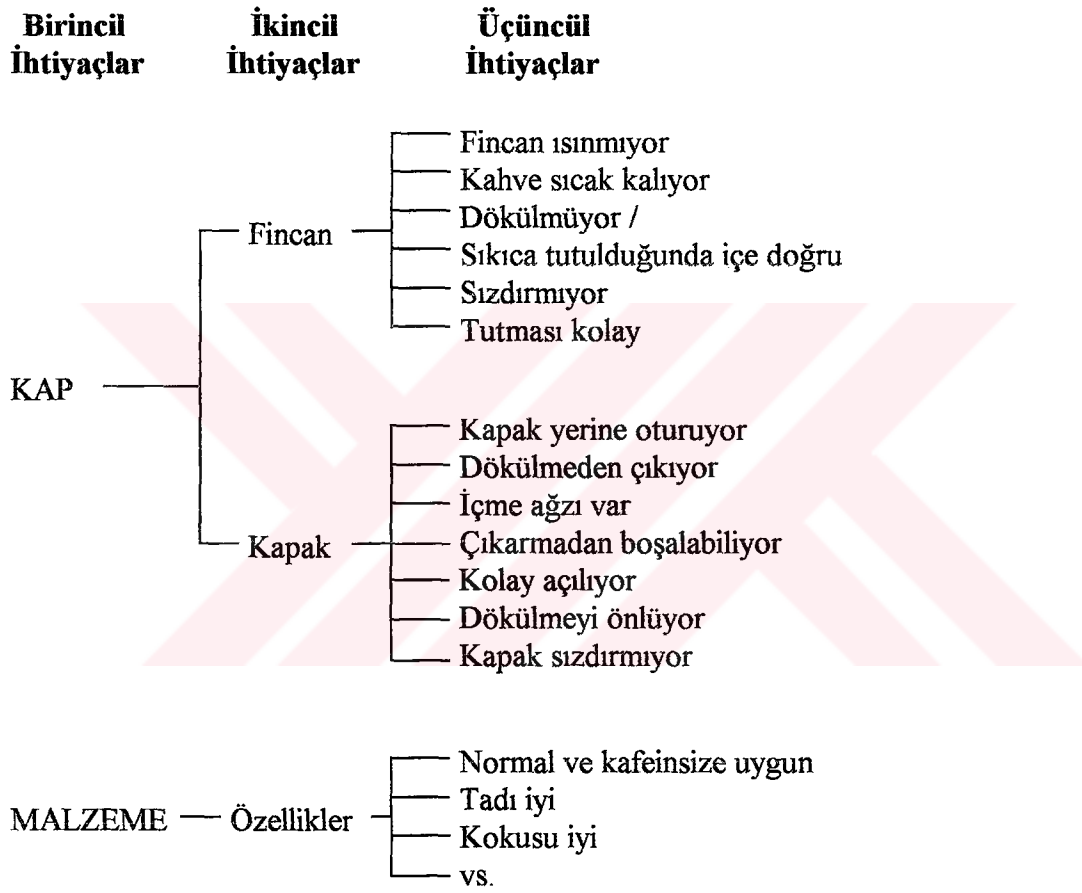
Kalitenin evi müşterinin istediği nitelikler (VOC) ile başlar ve müşterilerin, ürünlerin özelliklerini ve ürün özyapılarını tanımlamakta kullandıkları tanımlar sözlerdir.

Yapılan anketlerde verilen ve bizwe ipucu teşkil edecek cevaplardan bazıları aşağıdaki gibidir.

- “Fincan yalıtımlı olmalı, fazla ısınmamalı ki elim yanmasın”
- “Kapak, açılabilmeli, çıkarılması kolay olmalı ve kenarları keskin olmamalı”
- “İçine kafeinli ve kafeinsiz kahve konabilmeli”
- “Kolayca dökülmemeli veya ters dönmemeli”

- “Tutulduğunda içeri doğru esneyerek kahvenin dökülmesine ya da kapağının açılmasına neden olmayacak bir malzemeden imal edilmiş olmalı”
- “Kapak iyice sıkıştırılabilmeli ve kolay açılmamalı”

Bu verileri, Şekil 3.3’de görüldüğü gibi sınıflandırarak listelemek, hem müşterinin sesinin bir özeti, hem de verilerin kullanılabilir bilgi haline dönüştürme işlemi olacaktır.



Şekil 3.3 Bir kahve fincanı için Müşterinin İstediği Nitelikler (DAY,1997)

AŞAMA 2: Pazardaki Kıyaslama

İşletmeler, en az rakiplerinin ürünleri kadar kaliteli hatta ondan daha iyi düzeyde ürünler vermeyi amaçladıkları için, öncelikle rakiplerine ve müşteri isteklerine göre nerede olduklarını belirlemelidir. Şekil 3.4’de rakip kahve bardağının müşteriler tarafından değerlendirilen özellikleri firmanın bardaklarının özellikleri ile karşılaştırılarak listelenir. Müşterilerin, önem derecelerini sıralamaları için, en

az 1, en çok da 9 katsayılarını kullanması istenilmiştir. Müşterilerin, rakip ürünle bizim ürünümüzü kıyaslayabilmeleri için, ürünleri çok kötü 1 ve çok iyi 5 katsayılarıyla işaretlemeleri istenilmiştir.

Bazı işletmeler, elde edilen müşteri bilgilerini yeterli görerek, QFD sürecine devam etmezler. Yapılan bu eksik çalışma bile, işletmelerin müşterilerin sesini duymasına ve onlarla ilişki halinde olmasını sağlayacaktır.

■: Bizim şirket
○: En önemli rakip

1: Çok kötü
2: Kötü
3: İdare eder
4: İyi
5: Çok iyi

Gruplar	Müşteri İhtiyaçları	Şikayet	Önem derecesi	Müşterinin algılamaları				
				1	2	3	4	5
Fincan	Fincan ısınmıyor.....	3	9		■		○	
	Dökülmüyor / devrilmiyor.....	3	8		■	○		
Özellikler	Normal/kafeinsizle kullanılabilir.		8	■			○	
	Kokusu iyi.....		7			○	■	

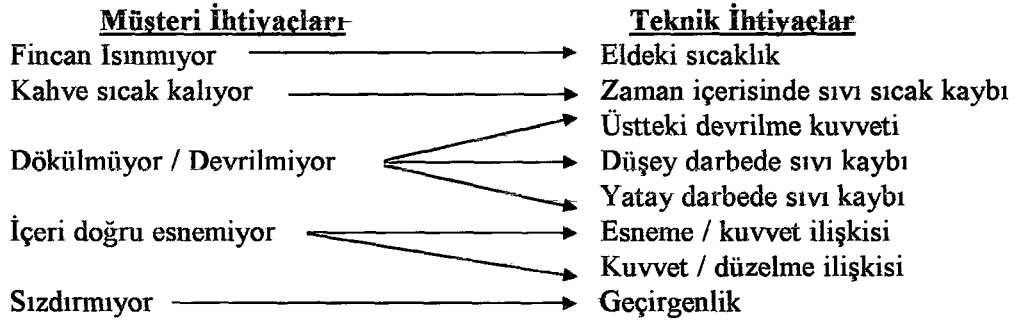
Şekil 3.4 Kahve bardağı ile ilgili müşteri bilgileri

QFD ekibi, müşteri bilgilerini inceleyerek, eylem planları yaparlar. Yukarıdaki örnek için, “fincan ısınmamalı” fikri, müşteri için son derece önemlidir çünkü 1’den 9’a kadar olan değerlendirmede faktörü 8 olarak bulunmuştur. Ayrıca her bir satış için 3 şikayet gelmiştir. Müşterilere göre, araştırmayı yapan şirkete ait bardağın pazardaki rakibine göre zayıf görmektedir. QFD ekibinin yorumu, “konseptlerin incelenmesidir” ve bunun için, rakip fincanlar, alternatif fincan tasarımları tekrar gözden geçirilerek değerlendirilmesi gerekir. Amaç, müşterinin beğendiği, şikayetlerin az olduğu ve rekabet edebilir bir fincan geliştirmektir.

AŞAMA 3: Ürün Özellikleri

Şirketlerin pazarlama departmanları, satışların artırılması, şikayetlerin azaltılması için ne yapılması gerektiğini belirler. Bunu dikkate alan mühendislik departmanı ise bunun nasıl yapılması gerektiğini belirler. Bu durumda ürünü bir kez de mühendislerin dili ile tanımlamamız gerekir.

Şekil 3.5, kahve fincanı için müşteri ihtiyaçlarının teknik ihtiyaçlara dönüştürülmesini göstermektedir. Bu yapılırken, balık kılçığı diyagramından yararlanılarak, -ne'lerin -nasıl'lara dönüştürülmesi sağlanır.



Şekil 3.5 Müşteri ihtiyaçlarını teknik ihtiyaçlara dönüştürme (DAY,1997)

Bu teknik ihtiyaçlar belirlendikten sonra, rekabete yönelik teknik değerlendirme aşamasına geçilir. Bu aşamada, müşteri ihtiyaçlarının, belirlenen teknik ihtiyaçlarla ne kadar giderebileceğimizin ya da geliştirebileceğimizin belirlenmesidir.

AŞAMA 4: Müşteri beklentileri ve ürün özellikleri arasındaki ilişki

Bu aşamada, müşteri ihtiyaçları ile teknik ihtiyaçlar arasındaki ilişkilerin şiddetinin ve yönünün belirlenmesidir. Bunun için sayılar ve simgeler kullanır. Bu çalışmada kullanılan sembollerin anlamları, Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Kalite evinde Kullanılan Semboller ve Anlamları

İlişki Sembolü	Anlamı
⊙	güçlü
○	orta
▽	zayıf
Korelasyon sembolü	Anlamı
o	olumlu
x	olumsuz
Gelişim Yönü Sembolü	Anlamı
↑	Daha (büyük, uzun, ağır, hızlı, fazla) olması iyi
↓	Daha (küçük, kısa, hafif, yavaş, az) olması iyi
○	Belirlenen hedefin karşılanması, müşteri memnuniyeti için en iyisidir
⦿	Hedef değer en iyi amaçtır. Hedefin karşılanmasında bir zorluk varsa, bu hedefin alt tarafında olmalıdır.
⦿	Hedef değer en iyi amaçtır. Hedefin karşılanmasında bir zorluk varsa, bu hedefin üst tarafında olmalıdır.

Firma ya da QFD ekibi, kendi kendine , “bu müşteri ihtiyacını karşılamak için ne yapabiliriz?” sorusunu her bir gereksinim için sorar. Örneğin, kahvenin sıcak kalması ile ilgili ihtiyacın giderilmesi için, fincanın ısı izolasyonu ile ilgili çalışma yapılması gerekliliği sonucu ortaya çıkmıştır.

Müşterinin, ihtiyaçlarının ne yönde geliştirilmesi gerektiğini gösteren bilgiler, teknik gereksinimlerin üstünde gösterilir. Bunlar için kullanılan semboller ve anlamları Tablo 3.2’de anlatılmıştır. Örneğin, kahve fincanının ısı iletiminin iyileştirilmesi için, malzeme geçirgenliğinin daha az olması tercih edilir.

AŞAMA 5: Ürün Özellikleri Arasındaki Korelasyon ve Hedefler

Bir çok teknik gereksinim, diğer teknik gereksinimler ile ilişkilidir. Bunlardan herhangi birinin geliştirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, ilgili gereksinimin istenen düzeye gelmesini sağlayabilir. Bu sırada, bu çalışmanın sonucu, diğer bir gereksinimin olumsuz yönde etkilenmesi mümkündür. Örnek verecek olursak, müşteriler bir markette sunulan ürünlere kolay ulaşmak, görmek ve almak amacıyla, sık olmamasını istemektedir. Bunun yanında market sahibi ise, birim alana daha çok ürün yerleştirmek istemektedir. Burada da görüldüğü gibi, bir gereksinimin sağlanması için yapılan çalışma, bir diğerini olumsuz etkilemektedir.

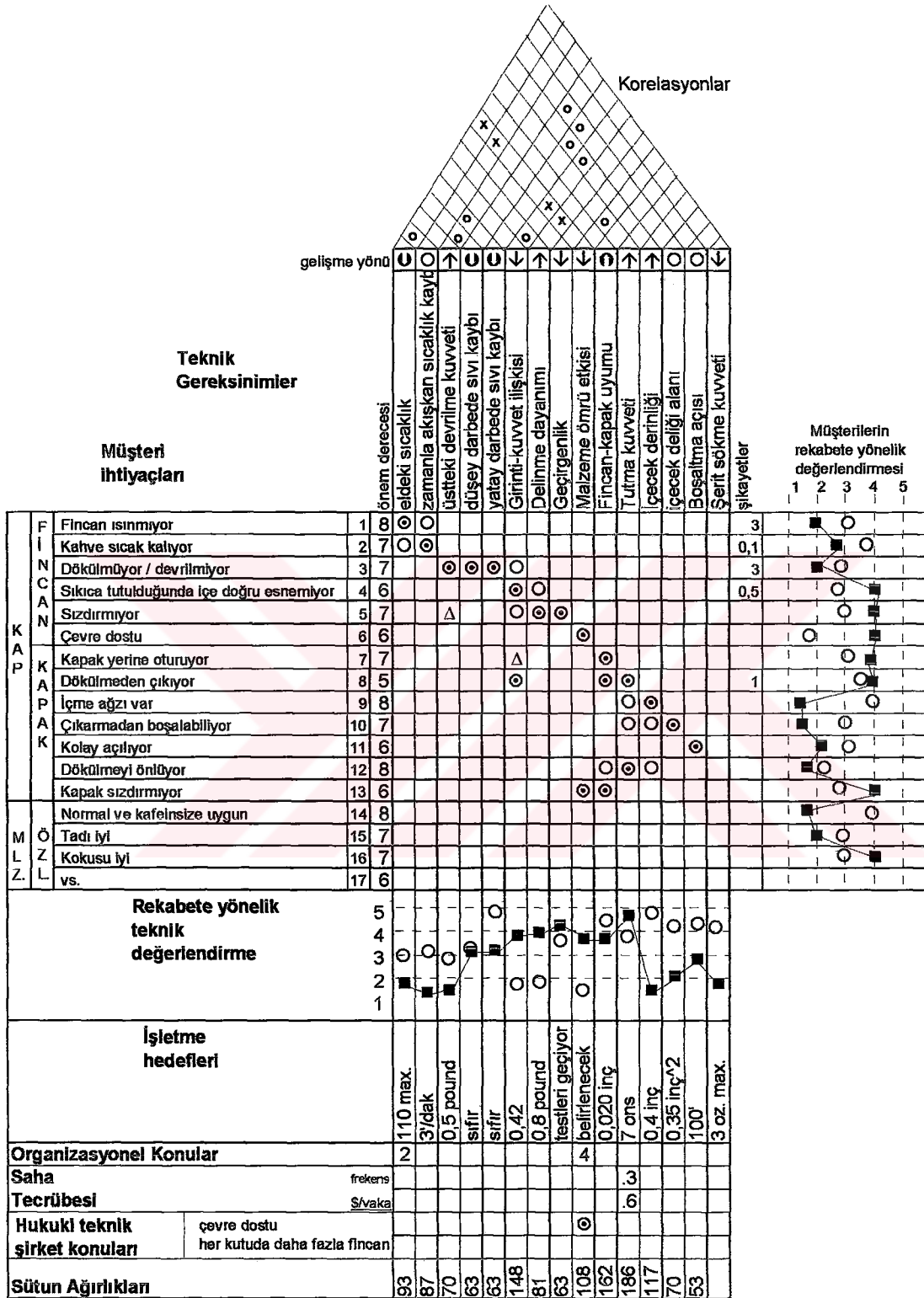
Özellikle kalite evi çalışmalarında, negatif korelasyonun görülmesi ve gösterilmesi çok önemlidir. QFD çalışmasının ilerleyen aşamalarında, bu birbiriyle aralarında negatif korelasyon olan gereksinimlerin geliştirilmesinde, maliyet ve fayda iyileştirilmesi açısından optimum bir değere ötelenecek değerler bulunabilir.

Rekabete yönelik teknik değerlendirme sonucunda, teknik gereksinimlerin hedef değerleri belirlenmelidir. Bu, rakiplerin ve bize ait ürünün tüm teknik gereksinimlerin test edilmesi anlamını taşır. Müşterilerin rekabete yönelik değerlendirmeleri ile bizim oluşturduğumuz teknik değerlendirmeler zaman zaman örtüşmeyebilmektedir. Bu durumda, yeni müşteri etütleri ve yeni labratuar çalışmaları yapılmasıyla, bu değerlendirmenin ve teknik incelemenin benzerliğine ulaşılabilmektedir.

Bazı durumlarda, teknik verilerde zorunluluklarla karşılaşılabilir. Örneğin, spraylerde kullanılan itici gazın, ozon tabakasına zarar vermeyecek türden olma zorunluluğu ya da kahve fincanın için kullanılacak malzemenin çevre dostu olması gibi bazı kanuni kısıtlamalar da kalite evinde gösterilmelidir. Bu tip standartlar, mutlaka memnun edilmesi gerekli olan müşteri isteklerini temsil eder. Ayrıca, şirket, kendisine rekabet avantajı sunabileceğini düşündüğü konularıda bu matrislerin altına eklemelidir. Şekil 3.7 'de, organizasyonel konular içerisinde belirtilen “çevre açısından sorunsuz” ve “her kutuda daha fazla fincan” düşüncelerini gösterilmiştir. Eğer bu organizasyon içi fikirler, matrisin yukarısında yer alan teknik gereksinimler ile ilişkili ise, uygun ilişki anahtarı ile bu fikir işaretlenmelidir. Örneğimiz için, malzeme ömrü ile çevre dostu olması arasında kuvvetli bir ilişki olduğu düşünülerek işaretlenmiştir.

Teknik gereksinimlerin sağlanmasındaki zorluk derecesi de bu matrise eklenmelidir. Genellikle, 5 en yüksek güçlük derecesini temsil etmek üzere, 1-5 arasında bir gösterimden faydalanılabilir. Eğer güçlük çıkması beklenmiyorsa, matriste ilgili sütun ve satır kesişimi boş bırakılır. Örneğimiz için oluşturulan kalite evinde, 2 tane organizasyonel güçlüğü değinilmiştir. Bunlardan birincisi, elde daha düşük sıcaklık sağlanmasının fincan malzemesinde değişiklik yapılmasını gerektirebileceği ve bunun fincan imalatında, depolanmasında ve kullanımında zararlı bir etki yapacağı düşüncesidir.

Son olarak, matrisin tabanına, sütun ağırlıkları ilave edilir. Bu iş, ilişki matrisindeki ilişki sembollerinin ağırlıklarının ifade edilmesidir. Genellikle kullanılan ağırlıklar, sırasıyla güçlü, orta ve zayıf ilişkiler için, 9-3-1' dir. Buna göre, Şekil 3.7 'deki 1.satırdaki müşteri gereksiniminin önem derecesi 8 ile 1. Sütuna ait teknik gereksinimim güçlü ilişkisi 8 çarpılır ve bu işlem her satır için yapılır.



Şekil 3.7 Kalite Evi (DAY,1997)

3.5 KALİTE EVİNİN ANALİZİ

Kalite evinin ve buna bağlı olarak QFD çalışmasının ana amacı, işletmeyi müşterilerin istek ve ihtiyaçlarından haberdar etmesi, müşteri tatminini arttırmak için gerekli önceliklerin tespitine yardımcı olmasıdır.

QFD matrisinin analizine, matrisin müşteri kısmının analizi ile başlanmalıdır. Gözden geçirilen her bir müşteri ihtiyacı, rekabete yönelik müşteri değerlendirmesi ve her türlü şikayet incelenmelidir. Rekabet verilerinin değerlendirilmesi sonucunda 3 sonuç çıkabilir.

A- Rakipleri yakalama durumu:

Müşteri rakibin , QFD yapan işletmeden daha iyi olduğuna karar vermiştir. Rakip ile firma arasında , rekabet skalasında önemli bir fark vardır. Firma bu durumu düzeltmek ve rakibini yakalamak için birşeyler yapmalıdır. Örneğimiz için oluşturulan kalite evindeki 9 no'lu satır buna örnektir. Yapılması gereken faaliyet, rakip ürünlerin incelenmesidir.

B- Güçlü durum:

Yukarıdaki durumun tam tersi bir durum söz konusudur. Firma, bu kriterde liderliğini devam ettirmek ve daha iyi bir kaliteye ulaşabilmek için herhangi bir faaliyet yapıp yapmamaya karar vermelidir. Örneğimiz için oluşturulan kalite evindeki 6. Satır bu duruma örnek olarak verilebilir. Yapılması gereken eylem, bu durumdaki rakibin ürününü incelenmesi ve bunun sonucunda en iyi fikri geliştirmek için gerekli olan değerlendirme ve senteze yönelik bir konsept geliştirilmesidir.

C: Fırsat:

Hiçbir şirket, müşteriler tarafından birbirinden daha iyi olarak tanımlanamama sonucunda ortaya çıkan durumdur. Firmanın , müşterileri gözünde üstünlük kurabilmesi için, ürünlerde değişiklik yapma fırsatı var demektir. Örneğimizde bu duruma uyan müşteri gereksinimi 3. Satırda görülmektedir. Yapılması gereken faaliyet, yeni fikir ve konseptlerin araştırılması ve keşfedilmesidir.

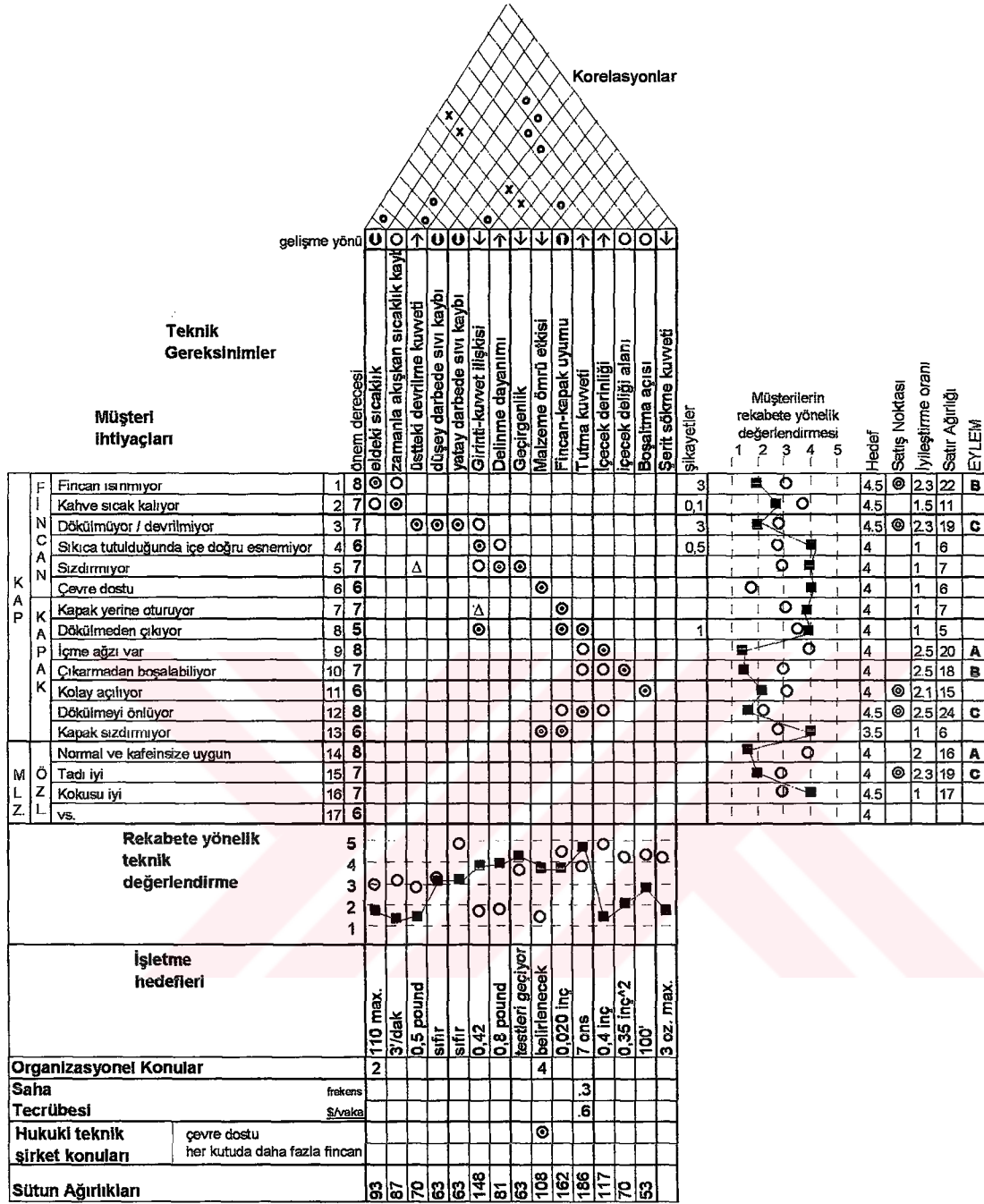
Bazı QFD ekipleri, kalite matrisini daha anlaşılır kılmak için, matrisin müşteri kısımlarına bazı ilaveler yaparlar. Şekil 3.8’de müşteri bilgilerinin sağ tarafına eklenen hedef sütunu, ekibin yeni ürün için müşteri tatmin hedeflerine yönelik tahmin ettiği bir değerlerin kaydedildiği bölümdür. Örneğin satır 1’de 4.5’lik bir hedef belirtilmiştir. Bu bilgi bize, müşterilerin mevcut değerlendirmesi 2 iken, yapılacak çabalarla müşteri tatmin düzeyinin en az 4.5 olması gerektiği anlamını verir. Bu değeri “planlanmış kalite” düzeyi olarakta isimlendirebiliriz. Bazı QFD takımları, oluşturdukları matrislerde bu hedef bölümünü kullanmaktan kaçınırlar, çünkü hedefledikleri kalite düzeyine ulaşamadıklarında başarısız konumda görüneceklerdir.

Eklenen bir sonraki sütun, “satış noktaları” olarak adlandırılan ve geliştirilecek ihtiyacın önemli bir rekabet avantajı sağlayacağını vurgulanmasını sağlayan gösterimdir. Bu gösterim, işletmenin reklam politikalarında, özellikle üstünde durulması gereken mesajlara da kaynak olur.

Eklenen diğer bir sütun, “iyileştirme oranı” olarak isimlendirilen, hedef ve mevcut düzeyin oranı ile hesaplanan bir ölçüdür. Örneğimizde 1.satır için hedef değer 4.5 ve mevcut müşteri değerlendirmesi 2 olduğundan, iyileştirme oranı $4.5/2=2.25$ olarak hesaplanır. İyileştirme oranının 1 olduğu durumlarda (örneğin 4.satır) herhangi bir geliştirme faaliyetine gerek olmadığı anlaşılır. Örneğin, hedefin 4 ve mevcut durumun 2 olduğu durumda iyileştirme oranı 2 iken, hedefin 5 ve mevcut durumun 3 olması durumunda iyileştirme oranı 1.67 olarak hesaplanacaktır. Oysa genel kanı, şirketin mevcut durumu 3’den 5’e getirmesinin daha zor olacağıdır. Bu mantıksal çelişkiye düşülmemesi için, QFD ekibi bu değerleri sadece karar vermeye yardımcı olmak amacıyla kullanılmalıdır.

Tüm bu eklemelerden sonra, müşteri önem derecesi, satış noktaları ve geliştirme oranı çarpılarak satır ağırlıkları bulunur. Örneğimiz için satış noktası kriterine 1.2 katsayısı verilmiştir. 1.satıra ait ağırlık ($8*1.2*2.25 \approx 22$) olarak bulunur.

Bu satır ağırlıkları, işletmeye müşteri ihtiyaçlarının göreceli önem derecelerinin kıyaslanmasında yardımcı olur. Ayrıca QFD ekibine, rekabete ilişkin değerlendirmeler, şikayet ve pazarlama stratejileri gibi konularda veri oluşturur.



Şekil 3.8 Kalite Evinin Analizi (DAY,1997)

Tamamlanan kalite evinin analizine ait olan aşağıdaki önemli noktaların üzerinde durulması gereklidir.

- Müşteri memnuniyetinin artırılmasına yönelik öncelikli gereksinimleri belirlemek için, kalite evinin müşteriler matrisi kullanılarak analizler yapılmalıdır.

- Bu analiz, müşteri gereksinimlerinin müşteriler için önem derecesi, rekabete ilişkin değerlendirmeler ve her türlü müşteri şikayetlerinin de temel alan bütünsel bir değerlendirme olmalıdır.
- Tüm işletmenin, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla seferber olabilmesi için müşteri ve işletme gereksinimlerini birleştirebilecek özellikte bazı prosesler kullanılması gerekir. Bu yöntemden elde edilen veriler, teknik spesifikasyonların gelişiminde temel oluşturur.

Özet olarak, kalite evi ve QFD yaklaşımı, müşteri beklentilerinin tüm işletme fonksiyonlarına temel oluşturma sürecidir. Toplam kalite yönetiminin müşteri tabanlı kalite anlayışı iç müşterileride kapsamaktadır. Bu nedenle, her bir üretim fonksiyonunda kalite evi kullanılabilir.

3.6 ÖRNEK QFD UYGULAMALARI

3.6.1 Bir Lazer Yazıcı için QFD Çalışması (ACAR, 1995)

AŞAMA 1:

Bu örnekte, üretilecek ürün bir lazer yazıcıdır. Bu ürünün tasarımında ilk aşama, tüketici beklentilerinin belirlenmesidir. Tüketici beklentileri, tüketicinin ürün ya da ürün özelliklerine ilişkin isteklerdir ve bunların genellikle tüketicilerin kendi kelimeleri ile ifade edilmesine özen gösterilir.

Tüketici beklentilerinin yerine getirilebilmesi amacı ile, ayrıntılı pazar araştırmaları yapılarak mevcut ve potansiyel tüketicilerin üründe ne tür özellikleri beklediği saptanır.

Tüketici beklentilerinin doğru olarak belirlenmesi çok önemlidir, çünkü daha sonra yapılacak çalışmalar, bu aşamada belirlenmiş unsurlar tarafından yönlendirilecektir. Belirlenen tüketici beklentilerinin hepsi aynı derecede önemli olmayacaktır, bu nedenle bu aşamada yapılması gereken ikinci çalışma tüketici beklentilerinin göreceli ağırlıklarının saptanmasıdır. Bu amaçla, gerek tüketicilerle

doğrudan görüşerek, gerekse soru formları kullanılarak ağırlıklar, başka bir anlatımla, tüketici önem dereceleri saptanır.

AŞAMA 2:

Belirlenen müşteri beklentilerinin NASIL elde edilebileceğinin saptanmasıdır. Pazarlama grubu NELER' in yapılacağını belirledikten sonra, bunların NASIL yapılacağı mühendislik grubu tarafından belirlenecektir. Bu aşamada, ürün, mühendislik terminolojisinde yeniden tanımlanır. Bu amaçla, düzenlenen grup toplantılarında ve genellikle “Beyin Fırtınası” yöntemi ile, tüketici beklentilerini karşılayacak temel tasarım elemanlarının, başka bir anlatımla, NASIL' ların geliştirilmesi sağlanacaktır. NASIL' lar ya da “mühendislik özelliklerinin” saptanmasında, aşağıda belirtilen 3 temel kriterin göz önünde bulundurulması gerekir:

1. Temel tasarım, elemanları ölçülebilir ve kontrol edilebilir olmalıdır.
2. Bu aşamada parça ya da süreç kullanılmasına dikkat edilmelidir.
3. Temel tasarım elemanlarının rakip firmalar ya da ürünler itibarı ile kıyaslanabilir olması gereklidir.

Bu aşamada grup üyeleri, herbir tüketici beklentisini gerçekleştirecek birkaç ölçülebilir tasarım unsurunu belirleyecek ve bu şekilde “Kalite evi” matrisi hazırlanacaktır. Kalite evi matrisinde, satırlar tüketici beklentilerini ve bunların göreceli önem derecelerini, sütunlar ise bu beklentileri gerçekleştirecek mühendislik özelliklerini içerecektir.

AŞAMA 3:

Kalite evi matrisinin hazırlanmasından sonraki aşama, matrisin içinin doldurulması, başka bir anlatımla, her bir mühendislik özelliğinin, tüketici beklentilerini ne ölçüde etkilediğini belirten “ilişki matrisinin” hazırlanmasıdır.

Bu amaçla, kalite evi matrisinde her başlık, (NE ve NASIL' ların kesişme noktaları) iki aşamalı bir süreçle incelenip, değerlendirilecektir:

1. Tasarım elemanının (NASIL), tüketici beklentisi (NE) üzerinde herhangi bir etkisi var mıdır?
2. Eğer varsa, bu etkinin derecesi nedir? Bu noktada 3 farklı düzey tanımlamak olasıdır zayıf, orta, güçlü.

Bu değerlendirme sürecinin sonuçları Şekil 3.9' dadır.

Nasıl ?	Tüketici Önem Derecesi	Postkript Uyumu	Yoğunluk	Kenar Düzgünlüğü	Çift Basım	Gerekli Eğitim Zamanı	Hızlı Metin	Hızlı Grafik
Ne ?								
Uyumluluk	4							
Baskı kalitesi	5							
Kullanım kolaylığı	3							
Verimlilik	5							

Şekil 3.9 Lazer Yazıcı için Müşteri Beklentileri ve Mühendislik Özelliklerinin Kalite Evinde Gösterimi (ACAR, 1995)

Bu aşamada, ayrıca her bir tasarım elemanının gelişme yönü konusunda da bir karara varılmıştır. Kalite fonksiyonunun açınımlı sürecinde, bu oldukça önemli bir aşamadır, çünkü ürün tasarımında herhangi bir mühendislik özelliğinin, değişik tüketici beklentileri üzerindeki farklı etkilerini değerlendirerek, ürün üzerine yapacağı net etkiyi belirlemek kritik bir yol oynamaktadır. Örneğin; postkriptin bulunması “uyumluluk” üzerinde güçlü bir etki yaparken, baskı kalitesini hemen hemen hiç etkilenmeyecektir. Bu gibi durumlarda, söz konusu tasarım elemanlarının ürüne yapacağı, “sonuç” etkinin saptanmasına çalışılır.

AŞAMA 4:

Şekil 3.10' da daha ayrıntılı analizler yapabilmek amacı ile, kalite evinin biraz daha genişletildiği ve bu amaçla kalite evine yeni bölümlerin eklendiği görülmektedir. Ancak, bu örnekte kullanılan odaların tümünün, tamamlanması gereken standart bir form olarak algılanmaması gerekmektedir. Kalite evini, yeni ürün için gerekli

pazarlama ve tasarım unsurlarını uygun bir şekilde doküman edip bir araya getirerek, geliştirmek mümkündür ve bunu yapmanın standart bir yolu yoktur. Ancak, her kalite evinde bulunması gereken bazı önemli bölümler aşağıda açıklanmaktadır:

Tasarım Hedefleri: Bu bölümde her bir mühendislik özelliğine ilişkin “ ne kadar” sorusunun yanıtlanmasına çalışılır. Hedef değerlerin tüketici tatminini sağlayacak şekilde belirlenmesi gereklidir. Bu aşamada, yeni ürün piyasaya çıktığında tüketici beklentilerini karşılayacak “kıyaslama (Benchmarking)” değerlerinin saptanması önemlidir. Ancak doğru değeri bir kerede bulabilmek zor olduğundan, çalışmaya tahmini bir ön değerle başlayıp, analiz sırasında bu değerleri gözden geçirerek hedef değeri yakalamak mümkündür. Hedef değerlerin saptanmasında tasarım mühendislerinin ekiple yakın işbirliği içinde çalışması gereklidir.

Çatı: Kalite evinin çatısı, mühendislik özelliklerinin, değişik tüketici beklentileri üzerindeki, birbiriyle çatışan etkilerinin değerlendirilerek ödünleşme (trade-off) kararlarının oluşturulmasına olanak sağlar. Örneğin, lazer yazıcıda, postkript uyumu ile grafik hızı arasında güçlü bir negatif ilişki olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan, postkript uyumu ile yoğunluk arasında güçlü bir pozitif ilişki mevcuttur. Bu tür ilişkiler ürün tasarımına ilişkin ödünleşme tipi kararların oluşturulmasında çok önemli rol oynayacaktır.

Şekil 3.10’da kalite evine çatı ve hedefler bölümünün eklenmesinin yanı sıra tasarım elemanlarının “mutlak ve göreceli önem” değerleri de verilmektedir.

Bu amaçla, her bir mühendislik özelliğinin, tüketici beklentilerinin karşılanmasındaki göreceli ve mutlak önem dereceleri aşağıda verilen formüllerle hesaplanacaktır:

$$\text{Mutlak Önem: } \Sigma (\text{matris ağırlığı} * \text{tüketici önem derecesi})$$

Örneğin, “çift basım” özelliği için mutlak önem derecesinin hesaplanması aşağıda verilmiştir:

$$\text{Mutlak Önem: } (5*9) + (3*3) = 54$$

$$\text{Görelî Önem} : \text{Mutlak Önem} / \text{Toplam Önem} = 54 / 307 * 100 = \%17$$

Diğer taraftan, bu aşamada, herbir mühendislik özelliğinin gerçekleştirilmesindeki zorluk derecesi, çalışma grubu tarafından ayrıca belirlenerek, “örgütsel zorluk” satırında belirtilmiştir. Örneğin, çift basım ve postkript uyumu gibi özellikler en zor gerçekleştirilen tasarım elemanları olduklarından “5” zorluk derecesinde değerlendirilmiştir.

Gelişme Yönü		○	↑	↑	○	↓	↑	↑
Nasıl ?	Tüketici Önem Derecesi	Postkript Uyumu	Yoğunluk	Kenar Düzgünlüğü	Çift Basım	Gerekli Eğitim Zamanı	Hızlı Metin	Hızlı Grafik
Ne ?								
Uyumluluk	4	✓						
Baskı kalitesi	5	×	✓	✓				
Kullanım kolaylığı	3				×	✓		
Verimlilik	5				✓	×	✓	✓

MATRİS		AĞIRLIK	OKLAR
Güçlü	✓	9	↑ Ençokla
Orta	×	3	↓ Enazla
Zayıf	×	1	○ Nominal

Şekil 3.10 Kalite Evi: NASIL’ ların, NE’ lerin Üzerindeki Etkisi ve Bu Etkinin Derecesi (ACAR, 1995)

AŞAMA 5:

Kalite Fonksiyon Açınımı sürecindeki bir sonraki aşama, tasarımı yapılan ürünün, pazardaki rakip ürünlerle karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla, pazardaki rakip ürünler gerek mühendislik, gerekse tüketici bakış açılarından genel bir değerlendirmeye tabi tutulacaklardır. Bu örnekte, iki rakip ürünle yapılan karşılaştırmalar Şekil 3.11’ de, kalite evine eklenen “tüketici değerlendirmesi” ve “mühendislik değerlendirmesi” bölümlerinde gösterilmektedir.

Bu örnekte, yeni lazer yazıcının, mühendislik değerlendirmesi açısından tüketici değerlendirmesine kıyasla daha ileri olduğu belirlenmiştir. Yeni ürün metin ve grafik hızı açısından en üst derecede değerlendirilirken, tüketiciler tarafından en düşük verimlilik düzeyinde belirlenmiştir. Burada önemli olan bu tür değerlendirmelerin arkasında bulunan nedenleri doğru olarak belirleyebilmektir.

Yeni Lazer Yazıcı

Gelişme Yönü		○	↑	↑	○	↓	↑	↑	
Nasıl ?	Ne ?	Tüketici Önem Derecesi	Postkript Uyumu	Yoğunluk	Kenar Düzgünlüğü	Çift Basım	Gerekli Eğitim Zamanı	Hızlı Metin	Hızlı Grafik
Uyumluluk	4	✓							
Baskı kalitesi	5	×	✓	✓					
Kullanım kolaylığı	3					×	✓		
Verimlilik	5					✓	×	✓	✓
ÖRGÜTSEL ZORLUK			5	3	3	5	3	3	3
HEDEFLER			Evet	400 dpi	01 mm varyans	Otomatik	16 saat Maks.	10	5
MUTLAK ÖNEM			41	45	45	54	32	45	45
GÖRELİ ÖNEM %			13	14	14	17	10	14	14

ÇATI	MATRİS		AĞIRLIK	OKLAR
Güçlü pozitif	✓	Güçlü	✓	9 Ençokla ↑
Pozitif	×	Orta	×	3 Enazla ↓
Negatif	*	Zayıf	×	1 Nominal ○
Güçlü negatif	✚			

Şekil 3.11 Kalite Evi: Çatı ve Tasarım Hedefleri (ACAR, 1995)

AŞAMA 6:

Şekil 3.12'nin incelenmesi sonucunda; "çift basım" (otomatik olarak kağıdın iki yüzüne basım yapabilme) özelliğinin, gerek görelî önem derecesi, gerekse örgütsel

zorluk açısından en yüksek düzeyde değerlendirildiği görülecektir. Bu durumda “çift basım” tasarım elemanının grup tarafından daha ayrıntılı analizine gerek vardır (ACAR,1995).

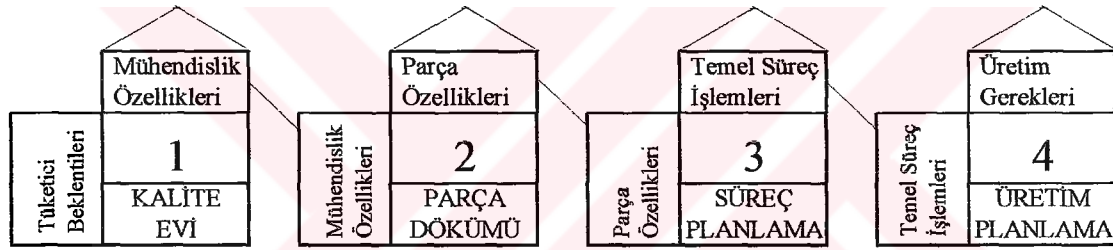
Gelişme Yönü		○	↑	↑	○	↓	↑	↑	Tüketici Değerlendirmesi
Nasıl ?	Tüketici Önem Derecesi	Postkript Uyumu	Yoğunluk	Kenar Düzgünlüğü	Çift Basım	Gerekli Eğitim Zamanı	Hızlı Metin	Hızlı Grafik	
Ne ?									Bizim Ürün Ürün A Ürün B
Uyumluluk	4	✓							
Baskı kalitesi	5	×	✓	✓					
Kullanım kolaylığı	3				×	✓			
Verimlilik	5				✓	×	✓	✓	
ÖRGÜTSEL ZORLUK		5	3	3	5	3	3	3	
HEDEFLER		Evet	400 dpi	01 mm varyans	Otomatik	16 saat Maks.	10	5	
Mühendislik Değerlendirmesi	Yeni Ürün	5							
	Ürün A	4							
	Ürün B	3							
	2								
	1								
MUTLAK ÖNEM		41	45	45	54	32	45	45	
GÖRELİ ÖNEM %		13	14	14	17	10	14	14	

ÇATI	MATRİS	AĞIRLIK	OKLAR
Güçlü pozitif ✓	Güçlü ✓	9	Ençokla ↑
Pozitif ✗	Orta ✗	3	Enazla ↓
Negatif *	Zayıf ✗	1	Nominal ○
Güçlü negatif ✚			

Şekil 3.12 Kalite Evi: Mühendislik ve Tüketici Değerlendirmeleri

AŞAMA 7:

Kalite Fonksiyon Açınımı sürecinin en belirgin özelliği, tasarım aşamasında önemli olduğu belirlenen NASIL' ların (mühendislik özelliklerinin) ürün geliştirme ve imalat süreçlerinde matrisin NE' ler bölümünde ele alınıp daha ayrıntılı bir incelemeye tabi tutulmalarıdır. Bu şekilde tüketicinin “sesinin” imalat süreçlerine taşınması mümkün olacaktır. Bu örnekte, kalite evinin kurulması ile “çift basım” tasarım elemanının lazer yazıcıda tüketiciler tarafından en çok aranan özellik olduğu belirlenmiştir, ancak bu özelliğin ürüne nasıl ekleneceği bilinmemektedir. Bu nedenle kalite fonksiyonunun açınımı sürecinde, kalite evinin kurulmasından sonra analize devam ederek tüketici beklentilerinin imalat süreçlerine taşınması gerçekleştirilir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Birbirine Bağlanan Evlerin Tüketicinin Sesini İmalata Taşınması (ACAR, 1995)

İlk aşamada belirlenen NASIL' ların bir sonraki matrisin NE' ler bölümünde yer alması ile sürdürülen analiz sonucunda, tüketici beklentilerinin nasıl gerçekleştirileceği de belirlenmiş olacaktır.

AŞAMA 8:

Şekil 3.14' de, en kritik tasarım elemanı olarak belirlenen “çift basım” unsurunun, parçalar bazında ayrıntılı analizi verilmektedir. Bu değerlendirme sonucunda, sözkonusu özelliğin ürüne kazandırılmasında, üç kritik parçanın önemli olduğu belirlenmiştir.

1. Kağıdın yazıcı içindeki hareketini sağlayan rollerler
2. Kağıt tutma tepsisi

3. Kağıdın ikinci yüzü baskı için hazırlanırken, kağıt yolunu değiştiren döndürücüler.

Bu aşamada yapılan değerlendirme sonucunda, “rolerler” daha ayrıntılı analiz gerektiren “kritik parça” olarak belirlenmektedir.

Tasarım Detayları Nasıl ?	Çift Kağıt Yolu		
	Roler	Döndürücü	Tepsi
Çift Basım	✓	✓	✗

MATRİS	AĞIRLIK	
Güçlü	✓	9
Orta	✗	3
Zayıf	✗	1

Şekil 3.14 Kalite Evi : Parça Dökümü (ACAR, 1995)

AŞAMA 9:

Rolere ilişkin parça özelliklerinin incelenmesi sonucunda, grup, dış çap büyüklüğünün, çift basım işlevinin gerçekleştirilmesinde daha kritik bir rol oynadığını saptamıştır (Şekil 3.15).

Tasarım Detayları	Parça Özellikleri	
	Dış Çap	Yüzey Düzgünlüğü
Çift Kağıt	Roler	✓ ✗
	Hedef Çap 1,250	

MATRİS	AĞIRLIK	
Güçlü	✓	9
Orta	✗	3
Zayıf	✗	1

Şekil 3.15 Kalite Evi: Süreç Planlaması (ACAR, 1995)

AŞAMA 10:

Şekil 3.16’ da dış çap büyüklüğünü etkileyen imalat aşamasındaki kritik işlemlerin belirlenmesi sağlanmış ve bu şekilde, tüketici beklentileri, bir anlamda, imalat sürecine göçerilmiştir. Bu süreç boyunca, çalışma grubu kritik ve öncelikli elemanlar üzerinde yoğunlaşarak, tüketici duyarlılığının artırılmasını sağlamıştır. Bu noktada grup, çalışmanın başına dönerek ikinci kritik elemanı alacak ve aşamaları tekrarlayacaktır. Bu şekilde, tüketici beklentileri, bütünüyle imalat süreçlerine aktarılmış olacaktır.

Gelişme Yönü			
İmalat Süreci	Torna Cırl. Mekaniz.	Operatör Eğitimi	Torna Bakımı
Parça Özellikler			
Roler Dış Çap	✓	✓	×
MATRİS		AĞIRLIK	
Güçlü	✓	9	
Orta	×	3	
Zayıf	×	1	

Şekil 3.16 Kalite Evi: Üretim Planlaması (ACAR, 1995)

3.6.2 Arçelik’ te QFD Uygulaması (GÜLDOĞAN, vd.,1996)

2000 yılında Avrupa’nın beş beyaz eşya üreticisinden biri olmayı hedefleyen Arçelik, bunu hedefin gerçekleşebilmesi için müşteri isteklerini karşılayacak yeni ürünlerin pazara en kısa sürede sunulmasının oldukça önemli bir rol oynadığının bilincinde bir kuruluş olarak QFD yöntemini etkin bir şekilde kullanmayı amaçlamıştır.

İlk QFD çalışması AR-GE tarafından bulaşık makinesi üzerinde uygulanmıştır. Bu projede, herhangi bir komponent yerine komple bulaşık makinesi ele alınmış ve 43*111’ lik bir matris elde edilmiştir. Matrisin büyüklüğü sebebi ile elde edilen sonuçlar hayata döndürülememiş ise de daha sonraki aşamalar için bir kılavuz oluşturmuştur.

Arçelik Bulaşık Makinesi İşletmesi' nde QFD uygulaması 1996 yılında şirket ana stratejik hedeflerinden olan “pazara ürün sunma süresinin kısaltılması” çalışmalarına yönelik bir faaliyet olarak başlatılmıştır. Daha önce yapılmış olan çalışma sonucundan QFD uygulamasının tek bir komponent üzerinde yapılmasına karar verilmiştir. Kalite Güvence Yöneticiliği tarafından koordine edilen projenin ilk adımı olan müşteri isteklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar sanayi üniversite işbirliği çerçevesinde Bilkent Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü ile ortak olarak yürütülmüştür.

Üzerinde çalışılacak komponentin belirlenmesi için öncelikle daha önce yapılmış pazar araştırmalarından, müşteri beklentileri olan 8 adet komponent saptanmış ve ele alınacak komponent çatal-kaşık sepeti olarak belirlenmiştir.

Müşteri istekleri, diğer tüm aşamalara temel olduğu için bu isteklerin doğru olarak belirlenmesi oldukça önemlidir. Müşteri isteklerinin belirlenmesinde kullanılan başlıca kaynaklar şöyle sıralanabilir:

- a- Odak grubu çalışmaları
- b- Konuyla ilgili uzman kişilerin fikirlerinin alınması
- c- Müşterilerle yapılan teke tek görüşmeler
- d- Pazar araştırmaları
- e- Sergi veya fuardaki yorumlar
- f- Müşteri şikayetleri

Bu projede müşteri isteklerinin belirlenmesi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Öncelikle müşterilerin beklentilerini belirlemek için odak grubu çalışmaları yapılmış, ardından da buradan elde edilen sonuçlarla ilgili önem ve memnuniyet derecelerinin saptanması için saha araştırması gerçekleştirilmiştir.

a. Odak Grubu Çalışmaları:

Sınırlı sayıda kişi ile yapılan odak grubu çalışmasında elde edilen sonuçların tüm bulaşık makinesi kullanıcılarının görüşlerini yansıtması oldukça zordur, ancak burada asıl amaç müşterilerden mümkün olduğunca yaratıcı ve zengin görüşler alabilmektir. Bu nedenle birbirini izleyen günlerde iki ayrı odak grubu toplantısı gerçekleştirilmiştir. Bununla, ilk toplantıdan elde edilen verileri kullanarak ikinci toplantıda daha zengin bir konuşma ortamı yaratmak amaçlanmıştır. Yedi kişilik ilk odak grubu çoğunluğu orta düzey eğitilmiş ev hanımlarından oluşmuştur. Kültür düzeyi yüksek ve üniversite tahsilli olmalarından dolayı kamuoyu araştırmacıları tarafından “A sınıfı” olarak nitelendirilen, yani yaratıcı ve zengin görüşlerin alınabileceği ikinci odak grubu altı kişiden oluşmuştur.

Toplantıda kullanıcılara neler sorulacağı ve onlardan nasıl verimli ilgi alınabileceği konularında sistematik bir yaklaşım belirlenmesi amacı ile bir hazırlık aşaması gerçekleştirilmiştir. Bu hazırlık çalışmaları çerçevesinde aşağıdaki konular bilgi toplamak üzere belirlenmiştir.

1. Seçilen Komponentin Özellikleri
2. Komponent Üzerinde Ne Tür Değişikliklerin Yapılabileceği
3. Müşterilerin komponentin hangi parçası ile daha çok ilgilendikleri
4. Müşterilere komponent hakkında ne sorulacağı ve nasıl sorulabileceği
5. Müşterilerin tespit edilen konu hakkında nasıl yaratıcı ve zengin görüş sunabileceği
6. Odak grubu toplantısının nerede yapılması ve ne kadar sürmesi gerektiği

Bilgilerin toplanması amacı ile eski pazar araştırmaları incelenmiş, müşteri memnuniyet ve beklentileri ölçülmüş. Ürün geliştirme mühendisleri ile toplantı düzenleyerek çatal-kaşık sepeti üzerinde yapılabilecek değişiklikler tartışılmış, pazar araştırmaları ve mühendis görüşleri ışığında odak grubu toplantılarında müşterilere sorulacak sorular hazırlanmıştır. Toplantı sırasında müşterilerin bazı özellikleri kafalarında kolay canlandırabilmeleri için, değişik özelliklere sahip 8 farklı marka makinenin çatal-kaşık sepeti seçilmiş ve kullanıcıların kendilerini rahat

hissedebileceği uygun bir toplantı süresinin 3-3.5 saati geçmemesine özen gösterilmiş.

Hazırlık çalışmaları tamamlandıktan sonra gerçekleştirilen toplantılarda 3 aşamalı bir yol izlenmiştir.

1. Kullanıcıların bulaşık makinesi hakkında genel görüşlerini yansıtabilmeleri amacı ile serbestçe konuşmaları istenmiştir. Müşteriler bulaşık makinesi ile ilgili genel beklenti, şikayet ve memnuniyetlerini anlatmışlardır.
2. Isınma bölümünden sonra müşteriler çatal-kaşık sepeti üzerinde konuşmaya yönlendirilmiş, önceden hazırlanmış açık uçlu sorular yöneltilmiştir. Bu uygulamada amaç sadece sorulara cevap almak değil sorularla konuların genişlemesini sağlayarak daha çok bilgi almak olmuştur.
3. Toplantının son aşamasında ise müşterilere çeşitli firmalara ait çatal-bıçak sepetleri gösterilerek görüşlerinin alınması olmuştur. Burada müşterilerin karşılaştırma yapabilmeleri sağlanmış ve karşılaştırmalar yardımı ile müşterilerin tam olarak nasıl bir çatal-bıçak sepeti istedikleri anlaşılmıştır.

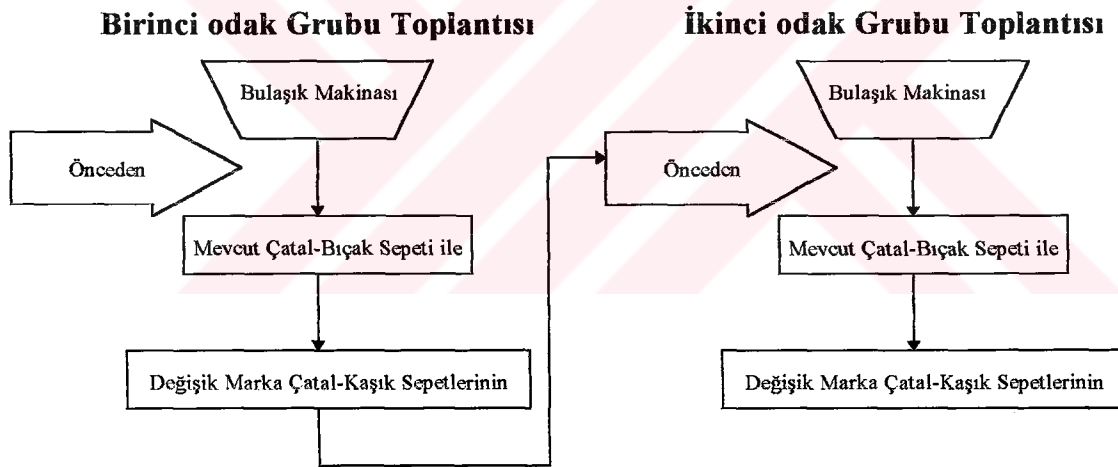
İkinci odak grubu toplantısında da aynı yol izlenmiş ancak birinci toplantıda elde edilen sonuçlarla sorular revize edilmiştir.

Bazen müşteriler verdikleri cevaplarda istediklerini tam olarak ifade edemiyor olabilir, ya da bir şikayet veya beklentilerin altında birden fazla istek yatıyor olabilir. Bu sebeple toplantı çıktılarının doğru bir şekilde analiz edilerek somut müşteri ihtiyacı ve beklentilerinin saptanması en az odak toplantıları kadar önemlidir. Bu amaçla, odak grubu toplantılarının tamamlanmasından sonra elde edilen bilgiler, detaylı şekilde tekrar banttan dinlenmiştir. Sonuçta fazlaca önemi olmayan istekler elenmiş, hemen hemen aynı anlamı taşıyan istekler düzeltilerek ayrı ayrı istekler haline getirilmiştir ve ortaya çatal-kaşık sepeti için 9 adet müşteri isteği çıkmıştır. Şekil 3.17, odak grubu çalışmalarını özetlemektedir.

Bu müşteri istekleri saha çalışmasında kullanılmak üzere soru haline getirilmiştir. Hazırlanan sorular 10 bulaşık makinesi kullanıcısı üzerinde uygulanarak pilot çalışma yapılmıştır.

b. Saha Araştırması:

Odak grubunda temel amaç, komponentle ilgili müşteri isteklerinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu isteklerle ilgili daha geniş bir kitlenin görüşünün alınması amacı ile gerçekleştirilen saha çalışmasında müşterilerin herbir istekle ilgili önem ve memnuniyetleri alınmıştır. Değişik markalarla kıyaslama yapabilmek amacı ile değişik üç farklı markada 75' er kişilik bulaşık makinesi kullanıcısı üzerinde bağımsız bir araştırma yapılmıştır. Ankete katılanların müşteri istekleri, verdikleri önem açısından ve kullandıkları makinede ilgili özelliğin bulunması durumunda memnuniyetleri açısından beşli skalada değerlendirmeleri istenmiştir.



Şekil 3.17 Odak Grubu Çalışmaları (GÜLDOĞAN, vd., 1996)

c. Kalitenin Evi:

QFD yönteminde kullanılan genel araç Kalitenin Evi olarak adlandırılan matris tablosudur. Uygulamanın tasarım önceliklerinin ve hedeflerinin belirlenmesi bu matris çalışması sonucu gerçekleştirilir.

Odak grubu çalışmasında belirlenen müşteri istekleri “ilişki diyagramı” yöntemi ile üçüncül, ikincil ve birincil olarak gruplandırılmıştır. Gruplamanın amacı, kalitenin

evinin oluşturulması sırasında tasarım parametreleri belirlenirken müşteri isteklerinin belli bir düzen içinde ele alınmasıdır.

Saha çalışmasında elde edilen sonuçlar sadece müşteri gözü ile önem ve memnuniyet derecelerinin belirlenmesini sağlar. Ancak tek başına, ürün ya da hizmetin durumu ile rakip ürünlerin durumu, müşteri isteklerinin karşılanması durumunda bunun ürün satılabilirliğini nasıl etkilediğı, ne kadar geliştirmeye ihtiyaç duyulduğı gibi faktörlerin göz önüne alınması gerekir.

“Kalite Planı” olarak adlandırılan aşama sözkonusu amaca hizmet eder. Bir dizi sütun ve bu sütunlara yerleştirilen her bir müşteri isteğı ile ilgili sayısal değerlendirmeler içeren kalite planı aşağıdaki soruların cevaplanmasında kullanılır:

1. Bu istek müşteri için ne derecede önemli?
2. şu anda bu isteğı karşılamada ne kadar iyiyiz?
3. Rakiplerimiz bu isteğı karşılamada ne kadar iyi ?
4. Bu isteğı karşılamada ne derecede bir geliştirme gerekli?
5. Bu isteğı karşıladığımızda ürün satış potansiyelimiz ne kadar artabilir?

İlk üç sorunun cevabı olan müşteri istekleri ile ilgili önem dereceleri, Arçelik ve iki rakip üründen memnuniyet dereceleri saha çalışması sonucu elde edilmiş ve beşli skaladaki değerler ilk dört sütuna yerleştirilmiştir. Beşinci sütunda herbir istek için gelinmek istenen düzey, o istekle ilgili önem derecesi, Arçelik ve rakiplerinin performansı göz önüne alınarak beşli skalada değerlendirilmiştir. Dördüncü sorunun cevabı olan “geliştirme ihtiyacı” beşinci sütunda belirlenen değerlerin ikinci sütundaki Arçelik çatal-kaşık sepetinden memnuniyet derecesine bölünmesi ile hesaplanmış ve bu değerler altıncı sütuna yerleştirilmiştir. Bu aşamaya kadar tüm proje ekibinin katılımı ile gelişen kalite planı çalışmasında, beşinci sorunun cevabı olan “satış avantajı”nın belirlenmesi daha çok Pazar araştırma ve Satış birimlerinin görüşleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Yedinci sütuna yerleştirilen bu değerler daha önceki sütunlarda uygulanan beşli skaladan farklı olarak her bir istek için “1.0, satış potansiyelini etkilemez”, “1.2, satış potansiyelini arttırır” ve “ 1.5, satış potansiyelini çok arttırır” şeklinde değerlendirilmiştir. Daha sonra birinci sütundaki “önem derecesi, altındaki

sütundaki “geliştirme ihtiyacı” ve yedinci sütundaki isteğin karşılanması durumunda doğacak” satış avantajı” değerleri çarpılarak “ mutlak önem dereceleri saptanmış ve yüzde olarak hesaplanarak sırasıyla sekizinci ve dokuzuncu sütunlara yerleştirilmiştir. Sonuçta sadece müşteri görüşlerinin değil diğer faktörlerin de yansıtılması ile hesaplanan ve projenin bundan sonraki aşamasında kullanılacak olan “ bağıl önem dereceleri belirlenmiştir. Anlatılan kriterler göz önüne alınarak gerçekleştirilen kalite planı Şekil 3.18’ de gösterilmiştir.

	Önem Derecesi	Arçelik (Memnuniyet)	A Firması (Memnuniyet)	B Firması (Memnuniyet)	Kalite Planlama	Geliştirme İhtiyacı	Satış Avantajı	Mutlak Önem Derecesi	Bağıl Önem Derecesi
1.Müşteri İsteği	3,56	2,65	3,03	2,54	4,00	1,51	1,50	8,06	16,30
2.Müşteri İsteği	3,15	3,14	3,08	2,98	3,14	1,00	1,00	3,15	6,40
2.Müşteri İsteği	3,33	3,51	3,40	3,22	3,75	1,07	1,00	3,56	7,20
2.Müşteri İsteği	3,96	3,32	3,31	3,26	4,00	1,20	1,50	7,16	14,50
2.Müşteri İsteği	3,67	3,56	3,78	3,73	3,56	1,00	1,00	3,67	7,40
2.Müşteri İsteği	4,15	3,46	3,56	3,54	4,00	1,16	1,20	5,76	11,70
2.Müşteri İsteği	4,31	3,40	3,65	3,60	4,00	1,18	1,20	6,08	12,30
2.Müşteri İsteği	4,10	3,46	3,63	3,57	4,00	1,16	1,50	7,11	14,40
2.Müşteri İsteği	4,31	3,57	3,94	3,83	4,00	1,12	1,00	4,83	9,80

Şekil 3.18 Kalite Planı (GÜLDOĞAN, vd.,1996)

Kalite planında müşteri istekleri ile ilgili önem dereceleri saptanıp öncelikler belirlendikten sonraki aşama bu istekleri karşılayacak tasarım parametrelerinin belirlenmesidir. Tasarım parametreleri belirlenirken dikkat edilmesi , gereken nokta amacın ilgili isteği karşılayacak doğrudan çözüm bulmak değil, bu isteği etkileyecek veya çözüme götürebilecek boyutlar, malzeme, şekil gibi bir takım teknik parametrelerin belirlenmesi olduğudur. Sonraki aşamada rakiplerle karşılaştırma yaparak hedeflerin oluşturulabilmesi için, bu parametrelerin mümkün olduğunca ölçülebilir olması gerekmektedir.

Proje ekibi bir dizi toplantı sonucu, her bir müşteri isteği üzerinde tek tek durarak bunlarla ilgili tasarım parametrelerini belirlemiştir. Tasarım parametrelerinin

mümkün olduğunca ölçülebilir olmasına dikkat edilirken, karşılanması gereken isteğin niteliğine bağlı olarak zaman zaman ölçüm yerine iki ya da üç olasılık içeren parametreler de saptamıştır. Çalışmalar sonucu sekiz adet tasarım parametresi belirlenerek 9*8' lik bir matris oluşturulmuştur. Müşteri isteklerinin satırları, tasarım parametrelerinin sütunları oluşturduğu matriste her bir satır ve sütun arasındaki ilişki “0 ilişki yok”, “1, zayıf ilişki”, “3, ilişki” ve “9, kuvvetli ilişki” şeklinde değerlendirilmiştir. Daha sonra her bir tasarım parametresinin mutlak önem derecesi ile çarpılması ve bu çarpımların toplanması sonucu hesaplanmıştır (Şekil 3.19).

										-1											
Tasarım Parametresi		Bağıl Önem Derecesi	1. Tasarım parametresi	2. Tasarım parametresi	3. Tasarım parametresi	4. Tasarım parametresi	5. Tasarım parametresi	6. Tasarım parametresi	7. Tasarım parametresi	8. Tasarım parametresi	KALİTE PLANI										
Müşteri İstekleri																					
1.Müşteri İsteği		16,3	9																		
2.Müşteri İsteği		6,4	3	1	1																
3.Müşteri İsteği		7,2	3	9	1		1		1	1											
4.Müşteri İsteği		14,5			9	9	3			1											
5.Müşteri İsteği		7,4		3			3		1												
6.Müşteri İsteği		11,7		1				9													
7.Müşteri İsteği		12,3		3					9	3											
8.Müşteri İsteği		14,4		3			3		3	9											
9.Müşteri İsteği		9,8		1		1	3														
Mutlak Önem Derecesi			188	195	144	130	146	105	169	188											
Bağıl Önem derecesi			15	15	11	10	12	8	13	15											
		Performans Hedefleri																			
		Arçelik Performansı																			
		A Firması Performansı																			
		B Firması Performansı																			

Şekil 3.19 Kalite Evi (GÜLDOĞAN, vd.,1996)

etki”, ve “-2, kuvvetli olumsuz etki” şeklinde gösterilir. Bu matris öncelikler belirlenirken ortaya çıkan karar aşamalarında yardımcı bir araç olarak kullanılır.

Müşteri istekleri ve tasarım parametreleri arasındaki ilişki matrisinin tamamlanmasından sonraki aşama, bu parametrelerle ilgili performans hedeflerinin belirlenmesidir. Bu hedefler belirlenirken ürün veya hizmetin mevcut durumu ve rakip ürünlerin durumu karşılaştırılır.

Arçelik çatal-kaşık sepetinin her parametre için performans değerleri saptanmış, bu değerler iki rakip ürün çatal-kaşık sepeti ile karşılaştırılmıştır. Hedefler belirlenirken rakip ürünlerle yapılan karşılaştırmalardan yararlanıldığı gibi, bazı araştırma ve testlerde gerçekleştirilmiştir. Bunlara örnek olarak Arçelik ve arkip ürün çatal-kaşık sepetinin yıkama etkinliğinin ölçülmesi, piyasadaki belli başlı firmaların ürettiği çatal-kaşık ölçülerinin saptanması gösterilebilir

Bu proje tüm Arçelik şirketi bünyesinde gerçekleştirilen takım çalışmasına güzel bir örnek oluşturmuştur, birimler arası iletişimin gelişmesine yardımcı olmuştur.

3.6.3 Vitra’da QFD Uygulaması (BERKER, 1998)

Vitra’da tasarım iki faktöre dayanmaktadır. Bunlar orjinallik ve güvenilirliktir. Orjinallik, ürünün fonksiyonelliği, estetiği, bakımının kolay olması, ekonomiklik, emniyet ve kullanışlılık gibi müşteri beklentilerine uygun özelliklerdir. Güvenilirlik ise orjinalliğin muhafaza süresidir.

Tasarım, üretimi oluşturan hammadde, proses ve ürün üçlüsünü aşağıdaki bakış nedenlerle etkilemektedir.

- Tasarım, küçük bir revizyonla büyük fire kayıplarının önüne geçebilir.
- Tasarım, üretimdeki kaliteyi etkileyen en büyük etkendir.
- Tasarım, üretim planlamayı, stokları ve sevkiyat planlamayıda etkiler.

QFD pilot çalışmasının ilk aşamasında, Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu İş-Uğraşı Ünitesi ile görüşülmüş ve aşağıdaki bir iş planı oluşturulmuştur.

Rakip Ürünlerin İncelenmesi

Yapılan araştırmalar sonucu Türkiye’de diğer üreticilerin bedensel engelliler için özel ürünlerinin olmaması nedeniyle yabancı rakip ürünlerin incelenmesi amacıyla Almanya, İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri’nden ürünler getirilmiş ve ürünler fonksiyon ve tasarım açısından incelenmiştir.

Standartların İncelenmesi

Almanya ve ABD’deki standartlar ve mimari uygulamalar incelenmiştir. Bedensel engelliler için elde edilen ölçülerin çoğunluğunun, standart tekerlekli koltuğun hareket ve özelliğine göre belirlenmiş olduğu tespit edilmiştir.

Modellerin Yapılması

İncelenen rakip ürünler ve standartlar sonucu bire-bir boyutlardaki alçı modeller üzerinde müşteri isteklerinin görüşülmesine karar verilmiştir.

Odak Grubu Çalışması

Bu çalışmada amaç, toplam 18 kişiden oluşan müşteri grubundan mümkün olduğunca ürün geliştirme amacıyla sorulabilecek sorular tespit edilmiştir. Ürünün fonksiyonel ve ergonomik özellikleri, tamamlayıcı malzeme ihtiyacı gibi konuların sorgulanabileceği görüşülmüştür.

Yapılan odak grubu çalışmasında hazırlanmış alçı modeller üzerinde, müşteriler isteklerini aktarmışlardır. Son aşamasında, rakip ürünler ile karşılaştırma yapılmış ve aşağıdaki istekler dile getirilmiştir.

- Lavabonun Yüksekliği: Tekerlekli sandalyenin standart yüksekliği ile eşit yüksekliğe sahip olması
- Klozetin Yüksekliği: Tekerlekli sandalyeden klozete rahatça geçebilmek için, sandalye yüksekliği ile eşit olması
- Tutunma Barları: Lavabo ve klozetin yanında destek barlarının olması
- Lavaboya rahat Yanaşabilme: Tekerlekli sandalye ile yanaşıldığında armatüre kolayca ulaşabilmek için lavabonun ön kısmının içbükey olması

- Sifon: Sifonun, tekerlekli sandalye ile yanaşolmasını engellememesi
- Armatür: Armatüre ulaşabilmek için, lavabonun duvardan öne olan boyutunun kısa olması ve armatürü daha rahat kullanabilmek için armatürün tek kumandalı olması

Kalite Planı

Odak grubu çalışmaları sonucu elde edilen sonuçlar, müşteri isteklerini ve memnuniyet derecelerinin belirlenmesini sağlar. Aynı zamanda rakip ürünler, isteklerin karşılanması durumunda ürün satılabilirliğine etkisi ve ne kadar geliştirmeye ihtiyaç duyulduğu konularının da göz önüne alınması gerekliliğini saptamamıza yardımcı olur. Kalite planı, bu konuların değerlendirilmesi amacıyla hazırlanan bir plandır. Bu kriterler göz önüne alınarak oluşturulan kalite planı Şekil 3.20’de gösterilmiştir.

Kalite Planı	önem derecesi	Vitra	V&B	ONDA	Kaliteyi Planlama	Geliştirme İhtiyacı	Satış avantajı	Mutlak önem derecesi	Bağıl önem derecesi
1.Klozetin yüksekliği	3,8	4,3	4,4	4,2	4,0	0,9	1,5	5,2	10,5
2.Klozetin duvardan öne mesafesi	3,8	3,9	3,9	3,9	3,6	0,9	1,2	4,1	8,3
3.Geriye yaslanılabilme	3,3	3,3	3,5	3,5	3,3	1,0	1,0	3,3	6,7
4.Tutunma barları	4,3	4,3	4,5	4,5	4,3	1,0	1,5	6,5	13,1
5.Armatüre yanaşabilme(içbükeylik)	4,3	4,7	4,7	4,7	4,6	0,9	1,5	5,8	11,7
6.Lavabo sifonu	4,1	4,1	4,5	4,5	4,3	1,1	1,2	5,4	10,9

Şekil 3.20 Kalite Planı (BERKER, 1998)

Ürüne verilen önem derecesi, Vitra ve diğer rakip ürünlerden memnuniyet dereceleri 5’li skalada ilk dört sütüne yazılmıştır. Beşinci sütünde ise her bir müşteri isteği için gelinmesi gereken düzey, o istekle ilgili önem derecesi ve Vitra ile rakiplerinin performansı göz önüne alınarak 5 üzerinden değerlendirilmiştir. Geliştirme ihtiyacı, beşinci sütünde belirlenen değerlerin ikinci sütündeki Vitra ürünlerinden memnuniyet derecesine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Satış avantajı ise, pazarlama ve satış bölümlerinin görüşleriyle satış potansiyelini artırma oranına göre belirlenmiştir. Sonraki aşamada önem derecesi, geliştirme ihtiyacı ve

satış avantajı çarpılarak mutlak önem dereceleri hesaplanmıştır. Son olarak sadece müşteri görüşlerinin değil diğer faktörlerin de yansıtılmasıyla hesaplanan bağlı önem dereceleri belirlenmiştir.

Kalite Evi

Kalite evi, uygulamanın sonuç aşamasını oluşturacak olan tasarım önceliklerinin ve hedeflerinin belirlenmesi için, yapılan matris çalışması ile elde edilmiş ve pazarlama, tasarım ve üretim bölümlerinin oluşturduğu bir proje grubu oluşturulmuştur. Kalite evini oluşturmak üzere ilk aşama olarak kalite planı hazırlanmıştır.

Kalite evinin temelinde ürünlerin, müşterilerin beğeni ve seçimlerini yansıtarak tasarlanmaları gereğine olan inanç artar. Bu nedenle pazarlama, tasarım ve üretim bölümleri ürün fikrinin doğuşundan başlayarak birbirleri ile çok yakın olarak çalışmalıdırlar.

Matris Çalışması

Kalite planında müşteri istekleri ile ilgili önem dereceleri belirlendikten sonra, tasarım parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Tasarım parametreleri belirlenirken en önemli nokta, müşteri isteğinin tamamen karşılanması değil, bu istekleri etkileyebilecek parametrelerin belirlenmesidir.

Değişik problemleri ve sorumlulukları olan insanlar, evin çatısı altındaki bilgi motiflerinden tasarım önceliklerini kolayca belirleyebilirler.

Tasarım parametreleri mümkün olduğunca ölçülebilir parametreler olmaktadır. Müşteri talepleri ile tasarım parametrelerinin oluşturduğu matriste her bir satır ve sütun arasındaki ilişkiler, “ilişki yok; zayıf ilişki var; orta kuvvetli ilişki var; kuvvetli ilişki var” şeklinde ve 0-1-3-5 değerleriyle gösterilmiştir. Şekil 21’de bu kriterlere göre oluşturulan kalite evi gösterilmiştir.

Sonuç

Yapılan QFD çalışmasının Vitra'ya ana yararı, firma kalitesinin firma içinde yerleşmesi ve insanların doğru yönde ve beraber düşünmelerini sağlamış olmasıdır.

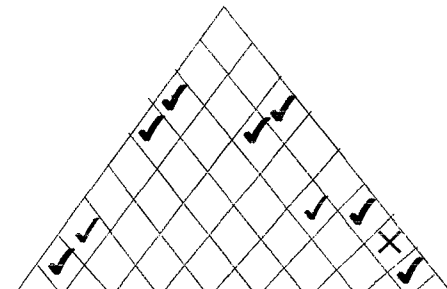
Ayrıca, müşteri ihtiyaçları gözönüne alındığında, bedensel özürllüler için yapı gereçleri üretmek, önemli rekabet avantajları sağlayacaktır.

kuvvetli olumlu ✓✓

orta olumlu ✓

orta olumsuz X

kuvvetli olumsuz X



Müşteri istekleri		Tasarım Parametreleri									
		Bağıl önem derecesi	Boyutların standartlara uygunluğu	klozet boyu 720mm'den büyük olmamalı	b<a olmalı	lavabo bağlama pozisyonunda 90 derece olmalı	bağıl lavabolar 150 kg yüke dayanımlı olmalı	lavabo batarya düzeyi 125mm'den dar olmamalı	hazinede göllenme olmamalı	pis su çıkışı duvara yakın olmalı	montaj delikleri, oturma bölgesinin ağı merkezinde olmalı
1.Klozetin yüksekliği	10,5	3	0	0	0	0	0	0	0	9	
2.Klozetin duvardan öne mesafesi	8,3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	
3.Geriye yaslanılabilme	6,7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
4.Tutunma barları	13,1	0	0	0	0	3	0	0	0	9	
5.Armatüre yanaşabilme(içbükeylik)	11,7	1	0	3	0	0	0	0	0	0	
6.Lavabo sifonu	10,9	1	0	3	0	0	0	0	9	0	
Mutlak önem derecesi		79	25	68	0	39	0	0	98	219	
Bağıl önem derecesi		8	3	6	0	3	0	0	9	19	
PERFORMANS HEDEFLERİ											

(b lavabo boyutu, armatüre daha rahat ulaşılabilmesi için a boyutundan küçük olmalıdır)

Şekil 3.21 Kalite evi (BERKER, 1998)

4. HATA T RLER  VE ETK LER  ANAL Z  (FMEA)

4.1 HATA T RLER  VE ETK LER  ANAL Z  KAVRAMI

Hata Türleri ve Etkileri Analizi (FMEA), bir sistemi oluşturan elemanları etkileyebilecek hataların neden ve etkilerini sistematik bir biçimde inceleyen analiz ve değerlendirme yöntemidir.

Bu tekniği içeren ilk standartlarda FMEA'nın tanımı, "sistemdeki her bir olası hata türünü, sistemdeki sonuçlarını ya da etkilerini belirlemek ve bunların önem derecelerine göre her bir hata türünü sınıflandırmak için analiz etme prosedürüdür" biçimindedir (MIL-STD 1629A, 1984).

Bir başka tanım ise, FMEA, tasarım, proses, sistem ve hizmet ile ilgili bilinen veya olası hataları, yanlışları ve problemleri müşteriye ulaşmadan belirlemeyi, tanımlamayı ve ortadan kaldırmayı amaçlayan mühendislik tekniğidir (STAMATIS,1995).

Hata türü, bir elemanın fonksiyonunu yerine getirememesi durumudur. Hata etkisi ise, bir hata oluştuğunda sistemi ya da müşteriyi nasıl etkileyeceğidir. Hata sebebi ise hatanın oluşmasını sağlayan olumsuz durumdur.

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

FMEA metodunun, özellikle uygulanmasında tercih edildiği durumlar aşağıda listelenmiştir.

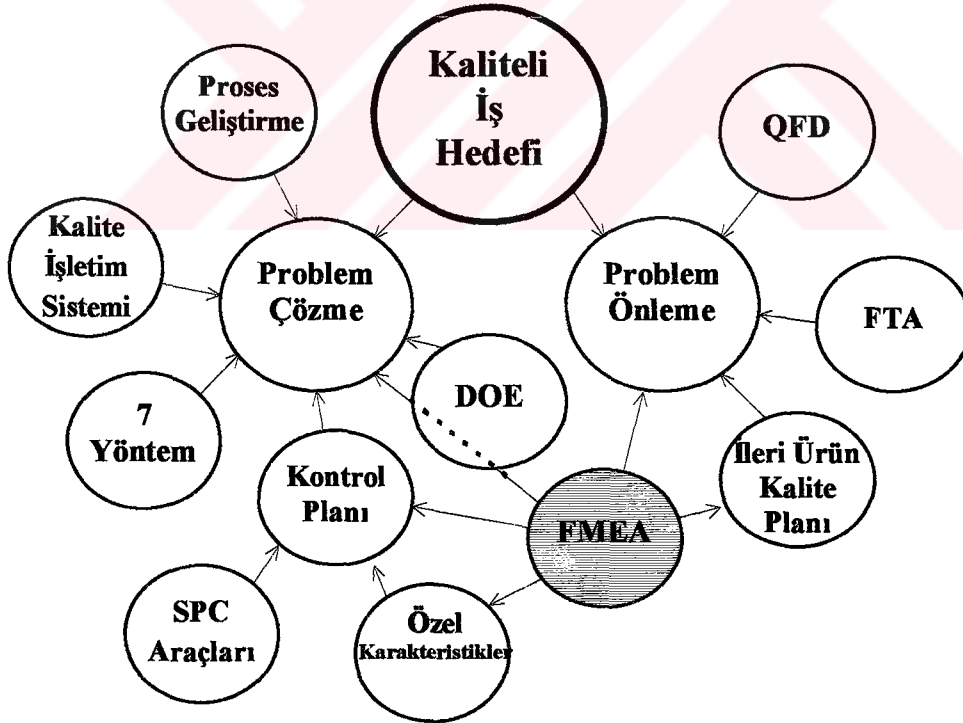
- Yeni bir ürün geliştirililiyorsa,
- Mevcut  r n veya parçalarda revizyon yapılması düşünülüyorsa,

- Ürün ya da sistem değişikliklerinde,
- Sistemde özel güvenlik isteyen veya problemli olan parçalar varsa,
- Mevcut parça ve ürünlerin yeni sistemde kullanılması gerekiyorsa.

Bir FMEA çalışmasının öncelikli hedefi;

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

Bu hedeflerden de anlaşılacağı üzere, FMEA toplam kalite sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır. Şekil 4.1, tipik bir kalite sistemindeki FMEA'nın rolünü göstermektedir.



Şekil 4.1 Toplam Kalite Sisteminde FMEA'nın Rolü

4.2 HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NİN GELİŞİMİ

FMEA disiplini ilk kez 1949 yılında Birleşik Devletler Ordusu'nda MIL-P-1629 koduyla ve hata türü etkileri ve kritikliği adıyla, sistem ve ekipman hatalarının etkilerinin belirlenmesi için kullanılan güvenilirlik değerlendirme tekniği olarak uygulandı (FMECA- Failure Mode & Effects and Criticality Analysis).

FMECA, kritik hata türlerini önem derecelerine göre sıralayan kantitatif bir yöntemdir ve bu sıralama işlemi, hataların ortaya çıkma olasılığına ve onların kritikliğine olan etkisine göre yapılır. Bugün FMEA bu kritiklik analizini içerdiğinden dolayı, iki sistem (FMEA ve FMECA) uygulamada bir uyum sağlarlar.

1960 - 1965 yılları arasında NASA tarafından, 1969 yılında aya insan indirecek olan APOLLO projesinde uygulanmaya başlandı. Aya insan indirecek olan ürünün tek olması ve yüksek maliyeti nedeniyle, hiçbir parça veya sistemin arıza yapmaması isteniyordu. Tüm sistemi yedeklemenin yüksek maliyetine katlanmamak için FMEA uygulandı.

1970 - 1975 yılları arasında, ABD Uçak Sanayiinde kullanılan FMEA' nın ilk endüstriyel uygulamasını 1975 yılında Japon NEC firması başlatmış ve daha sonra bu uygulama bütün dünyada yaygınlaşmıştır.

1980 yılında FORD tarafından otomotiv sanayiinde uygulaması başlatılmış, sistemde değişiklik yapılarak çok karmaşık olan askeri uygulama basitleştirilmiştir. Bu yöntem, Fransız Renault ve Citroen otomotiv şirketlerince AMDEC olarak isimlendirilmiştir. 1985 yılından itibaren, FORD uygulamasından farklı olmayan bir şekilde İtalyan FIAT şirketinde uygulanmaya başlanmıştır.

1988'de Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu'nu ISO 9000 serisini piyasaya çıkardı. Bu seri, tüm organizasyonların kalite yönetim sistemlerinin biçimini, müşterilerin istekleri, beklentileri ve ihtiyaçları üzerinde yoğunlaşmasına zorladı. Otomotiv sektöründe ISO 9000 sistemi, QS 9000 olarak isimlendirildi ve bu sunum, Chrysler, Ford Motor ve General Motors Şirketleri tarafından "standardize tedarikçi kalite sistemleri" çalışmalarıyla geliştirildi. Hatırı zayılan diğer otomotiv tedarikçileri de tasarım ve proses FMEA'sını ve geliştirdikleri

kontrol planlarını içeren Gelişmiş Ürün Kalite Planını (APQP-Advanced Product Quality Planning) kullanmaları QS 9000'deki izlenen gelişmelerdi.

APQP standartları, müşteri gereksinimlerini karşılayan ürünleri garanti eden adımları tanımlayan ve tahsis eden yapısal bir metotdu. Kontrol Planları, kaliteli ürün imalatı ile müşteri gereksinimlerinin QS 9000'de biraraya gelmesinde yardım etti. Vurgulanan ana konu, ürün ve prosesdeki farklılıkların minimize edilmesi idi. Kontrol planı, tüm sistem için katma değeri olan kontrol metodlarının tasarımı, seçimi ve uygulanmasını sağlayan yapısal bir yaklaşımdı. Burada, yapısal yaklaşım denilmesinin sebebi, yaklaşımın birbirini takip eden aşamalarla gerçekleştirilmesidir. Bütün hata türleri araştırılır, belirlenir ve üzerinde düşünülür.

Otomotiv Endüstrisi Hareket Grubu (AIAG- The Automotive Industry Action Group) ve Amerikan Kalite Kontrol Derneği (ASQC-American Society for Quality Control) Şubat 1993'de diğer sektörleride kapsayan ve Otomotiv Mühendisleri Topluluğu prosedürü SAE J-1739'a denk FMEA standartlarını yayınladı. Aynı prosedür, Almanya'da DIN 25448, İngiltere'de BS 5760 olarak tanımlanmıştır.

4.3 HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ'NİN FAYDASI

FMEA, çalışanların bilgi ve deneyimlerini sorgulayan ve bunları kullanarak, hata ne olabilir, hatanın nedenleri ne olabilir ve hatanın etkileri neler olabilir sorularının cevaplarını içeren formlardan oluşur.FMEA tekniğinin kullanılması sonucunda elde edilen avantajları şunlar olmaktadır.

- Ürün, proses ya da hizmette oluşabilecek en küçük hatanın maliyetinin önüne geçmek için tüm hata türleri sistematik olarak belirlenir.
- Ürün, proses ya da hizmetin işlevini etkileyebilecek her hatanın etkileri tanımlanır.
- Tanımlanan bu hatalardan, ürüne, prosese ya da hizmete etkisi en büyük olan hata türü yani kritik hatalar tanımlar.

- Ürün ve proseste hataların oluşma olasılıkları ve bunun sebepleri belirlenir.
- Sistem dışından kaynaklanan hatalar (hammadde hataları) ve bunların olasılıkları belirlenir. Bunların önüne geçmek için önleme sistemi kurulmaya çalışılır.
- Güvenilirliğin deneysel olarak test edilebilmesi için gerekli muayene programlarının kurulmasını sağlar.
- Üründe yapılacak değişikliklerin etkileri önceden tanımlanabilir.

Montaj hatalarının olabilecek kötü etkisinin nasıl giderilebileceğini tanımla

Tüm bu avantajların işletmeye sağlayacağı faydalar ise şunlar olmaktadır:

- Ürün veya hizmet güvenilirliği ve kalitesi artar. Güvenilirlik, bir ürünün istenilen özellikleri ve fonksiyonu, verilen koşullar altında ve belirli bir zaman dilimi için yerine getirme becerisidir.
- Şirketin imajı ve rekabet gücü gelişir.
- Müşteri memnuniyeti artar.
- Ürün geliştirme maliyetleri ve süresi kısalmır.
- Gelişimi körükler ve ekip çalışması gerektirdiğinden organizasyon kültürünü geliştirir.
- Ürün sorumluluğunda daha az risk alınır.
- Gelişime yön veren araştırma ve eylemler belgelenmiş olur.

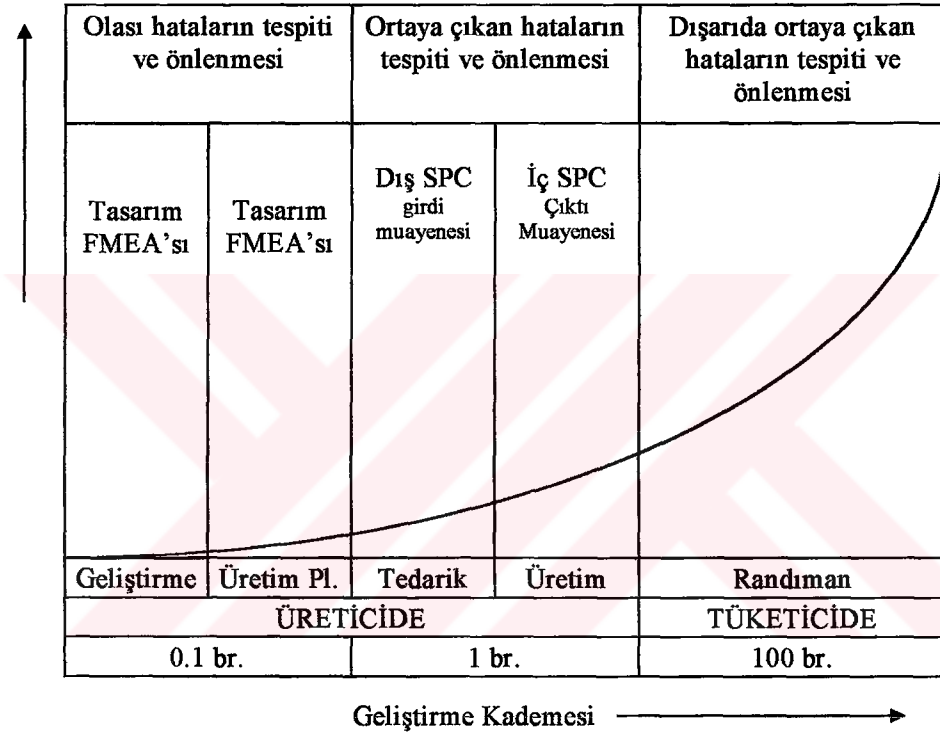
Tüm bu faydalara ilave olarak, işletmeleri FMEA gibi teknikleri kullanmaya zorlayan koşullar ise şunlardır:

- Bir işi ilk defasında doğru yapabilme ve buna bağlı olarak garanti, yeniden işleme ve hurda maliyetlerinin azaltılması isteği,
- Hızla değişen müşteri isteklerini karşılayabilme isteği ve daha fazla müşteri memnuniyetini sağlanması,
- Gittikçe artan yasal ve etik yaptırımlara uyma zorunluluğu,

- Düşük fiyat ve yüksek kaliteyi bir üründe (güçlü tasarım) birleştirebilmek isteğidir.

Şekil 4.2, FMEA tekniğini kullanmanın yararını göstermektedir. Bu grafik, otomotiv sektörü içindir ve masraf etkenlerinin “on’a katlanma kuralı” olarak adlandırılmıştır. Kalite önleme maliyetinden kaçınmanın, 1000 kat büyüyen kalitesizlik maliyeti olarak karşımıza çıktığı açıkça görülmektedir.

Maliyet

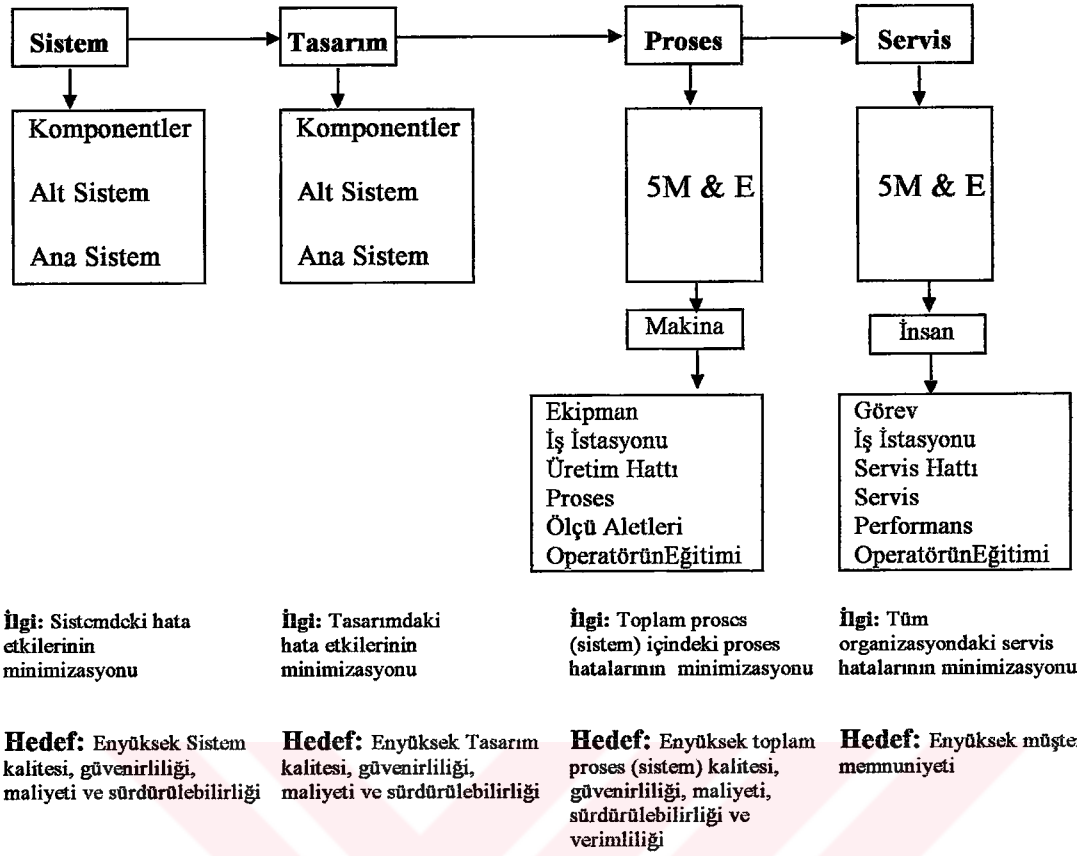


Şekil 4.2 On'a katlanma kuralı (PRASAD, 1990)

4.4 FMEA ÇEŞİTLERİ

Amaçları ve ilgi alanlarının farklılığı nedeniyle aşağıda listelenen 4 çeşit FMEA türü vardır. Şekil 4.3'de bu farklılıklar özetlenmiştir.

- Sistem FMEA
- Proses FMEA
- Tasarım FMEA
- Servis FMEA



Şekil 4.3 FMEA Çeşitleri (STAMATIS, 1995)

Bu FMEA türlerini kısaca tanımlamak gerekirse,

Sistem FMEA: Bütün ekipmanların ve tasarımın tamamlanmasından sonra üretim ve kalite güvence gibi sistemlerin akışını optimize etmek için kullanılan bir yöntemdir.

Tasarım FMEA: Potansiyel veya bilinen hata türlerini tanımlayan, ilk üretim gerçekleşmeden hataların tanımlanması ve düzeltici faaliyetlerin uygulanmasını sağlayan bir yöntemdir.

Proses FMEA: Tasarım FMEA ve müşteri tarafından tanımlanan kalite, güvenilirlik, maliyet ve verimlilik kriterlerini sağlamak için mühendislik çözümleri üretmeyi hedefleyen bir yöntemdir.

Hizmet FMEA: Müşteri hizmetlerini geliştirmek amacıyla üretim, kalite güvence ve pazarlama fonksiyonlarının koordine çalışması ile uygulanan bir yöntemdir.

Dört çeşit FMEA olmakla beraber, uygulamada Tasarım ve Proses FMEA'sı olarak 2 tür FMEA kullanılmaktadır. Bunların entegre kullanımı sonucu yararlı sonuçlar elde edilebilmektedir. Bu iki FMEA türü, aşağıda detaylı olarak incelenmiştir.

4.4.1 Tasarım FMEA

Tasarım FMEA, ürünün imalatına başlanılmadan önce uygulanan, ürünün imalatında, montajında ve müşteri tarafından kullanımında ortaya çıkabilecek tasarımdan kaynaklanan arızaların bulunması ve önlenmesi tekniğidir.

Tasarım FMEA, ürününün güvenilirlik ve emniyetine zarar verebilecek her bir kritik durumu ve zayıf noktaları belirlemek için tasarımı analiz etmenin bir yöntemidir. Yöntemin konusu, tasarımı iyileştirmek için hangi önlemlerin alınacağını belirlemektir.

Tasarım FMEA uygulamalarının, özellikle tasarım geliştirme aşamalarında test ve denemelerden önce yapılması önerilmektedir. Tasarım FMEA'sının kullanılacağı durumlar aşağıdadır.

- Yeni ürün veya parçalarda değişiklik vardır,
- Mevcut ürün veya parçalarda değişiklik söz konusudur,
- Mevcut ürün veya parçalar yeni bir uygulamada kullanılacaktır.

Yukarıda tanımlanan ve kullanım alanları belirtilen Tasarım FMEA'sının faydaları ise aşağıdadır.

- Tasarım gerekliliklerinin ve tasarım alternatiflerinin etkin biçimde değerlendirilmesine yardım eder.
- Olası hata türlerini, neden ve etkilerini henüz tasarım aşaması gibi erken sayılabilecek bir dönemde belirlenebilmesini sağlar. Ve bu bilgiler, tasarım iyileştirme sürecinde kullanılır.
- Olası hata türleri, neden ve etkilerini, Pareto mantığıyla önem derecelerine göre sınıflandırarak, tasarım, kontrol, iyileştirme, geliştirme gibi faaliyetlerin önceliklerini belirlenmesine yardım eder.

- Bu faaliyetlerin planlamasına kaynak oluşturur.
- FMEA, riskleri azaltıcı bilgileri içeren formlardan oluştuğu için, bu formlar, gelecek çalışmalar için referans olur. Şekil 4.4’de FMEA formundan bir kesit yeralmaktadır.

FMEA türü: _____		İnceleyenler: _____		FMEA tarihi: _____	
Hazırlayan: _____		Sayfa: _____			
Sistem / tasarım / Proses / servis fonksiyonları	Olası hata türü	Hataların olası etkileri	✓ Hataların olası nedenleri	Kontrol Yöntemi	O Ş K R Ö Ş K Ö G
MÜHENDİSLER			FMEA EKİBİ		MÜHENDİSLER ile SEÇİCİ EKİP

Şekil 4.4 Örnek FMEA yapısı (STAMATIS,1995)

4.4.2 Proses FMEA

Proses FMEA, tasarımı bitirilen ürünün en az hata ile müşteriye ulaşması amacıyla, üretim aşamasında ortaya çıkabilecek olası tüm sorunların gözönüne alındığı ve çözümlendiği analitik bir tekniktir.

Proses FMEA, analizcilerin, kusursuz ürünler üretmek için montaj veya üretim sürecindeki kullanılan makina, alet, yöntem ve insanı analiz etmesini sağlayan ve bu sayede üretim prosesini değerlendirme ve prosesin zayıf noktalarını belirlemesini sağlayan bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (SAHNI,1993).

Proses FMEA’sının kullanılacağı durumlar aşağıdadır.

- Bütün yeni ürünler veparçalar
- Değişiklik yapılan ürünler ve parçalar
- Yeni üretim teknolojilerinin uygulandığı bilinen ürünler/parçalar

Yukarıda tanımlanan ve kullanım alanları belirtilen Proses FMEA’sının faydaları ise şunlardır:

- Herhangi bir bir hatanın, ürün ya da prosese en düşük zararı vermesini sağlamak için hata türlerini sistematik olarak belirlenmesini sağlar.
- Müşteri üzerine etkisi olan olası hata türlerini listeleyerek, iyileştirme faaliyeti düşüncesi için bir öncelik sistemi kurulmasına yardım eder.
- Üretim ve montaj prosesi sonuçlarını belgelendirir.

4.5 FMEA UYGULAMA SÜRECİ

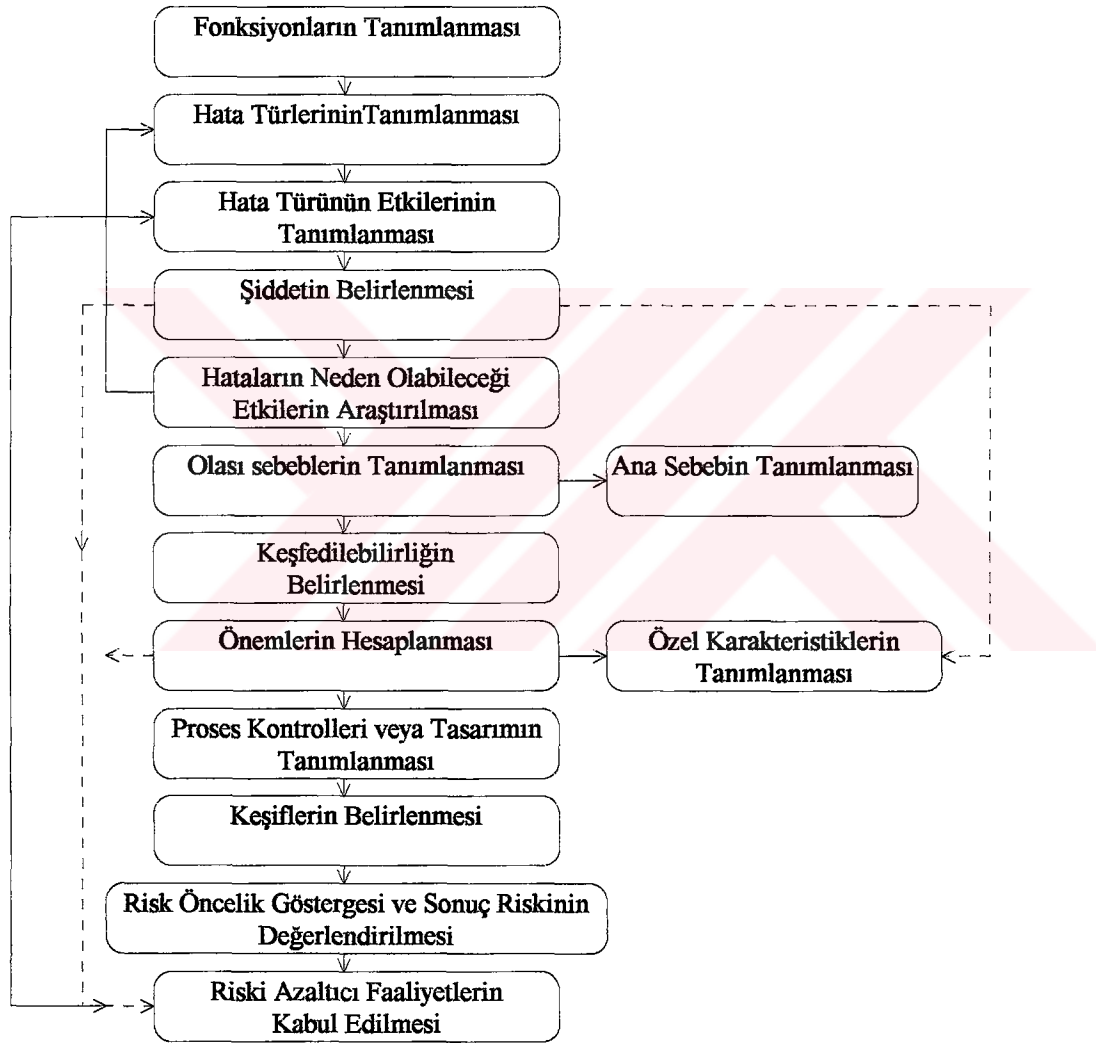
FMEA tekniğinin standart bir uygulama süreci olmamakla beraber, genel olarak şu adımlar izlenir (PRASAD,1990).

1. Ürünün ya da sistemin tasarım veya üretim süreci tanımlanır.
2. Üretim, mühendislik, kalite, satın alma gibi sorumlu bölümler tanımlanır.
3. Tasarım veya üretimle ilgili işbirliği yapacak dış tedrikçiler tanımlanır.
4. Olası hata türleri tanımlanır.
5. Olası hataların etkileri tanımlanır.
6. Her bir hata türüne ait olası nedenler tanımlanır.
7. Hata nedenlerini önleyecek veya hata nedenlerini ortaya çıkaracak kontrol sistemleri tanımlanır.
8. Olası hata nedenlerinin ortaya çıkma olasılığı (**O-hata olasılığı**) belirlenir.
9. Müşteri için hata etkilerinin önem derecesi (**S-siddet**) belirlenir.
- 10.Ürün, üretimden ayrılmadan önce, hatanın saptanma olasılığı (**K-keşfedilebilirlik**) belirlenir.
- 11.Bu belirlenen olasılıklardan hareketle, **Risk Öncelik Göstergesi (RÖG)** hesaplanır.

Bu adımları içeren FMEA'nın uygulama planı Şekil 4.5'de gösterilmiştir.

Bu yöntemin 11 adımı, AMDEC standardında beş genel adıma indirgenmiştir. Bunlar aşağıda listelenmiştir.

- Hazırlık Çalışmaları
- Analiz Faaliyetleri
- Analizi Değerlendirme Faaliyetleri
- İzleme - Uygulama
- Doğrulama ve Yöntemin sürekliliğini sağlanması



Şekil 4.5 FMEA Uygulama Planı(McDERMOTT, 1996)

4.5.1 Hazırlık Çalışmaları

İlk yapılması gereken, FMEA'nın uygulanacağı ürün, proses veya sisteme karar verilmelidir. Daha sonra bir FMEA çalışma ekibi kurulmalıdır.

Çalışma ekibinin aşağıdaki esaslara uyması, FMEA uygulamasının etkinliğini arttırmaktadır (AMDEC,1992).

- Bir sistemim veya ürünün güvenilirliğindeki ana aşamalar, sistem veya ürünün oluşturulmasındaki aşamalar ile ilgili olduğundan grup üyeleri kalite, mühendislik, satınalma, üretim, imalat, Ar-Ge gibi çeşitli bölümlerden seçilmelidir.
- Her bir FMEA çalışması için farklı çalışma grupları oluşturulmalıdır.
- Grubu oluşturan sayısı 5 ile 8 arasında olmalıdır.
- Üst yönetiminin desteğinin belirtilmesi için grupta yönetimden birisinin olması sağlanmalıdır.

Bu çalışma grubu oluşturulduktan sonra, aşağıda Tasarım ve Proses FMEA'sı için verilen görevler yerine getirilir.

FMEA çalışmasının sınırları, geçmiş dönemdeki hata analizleri, müşteri şikayetleri, üretim problemleri gibi veriler yardımıyla belirlenmelidir. Ayrıca çalışma sonucunda varılması düşünülen hedef değerin de belirtilmesi gerekir.

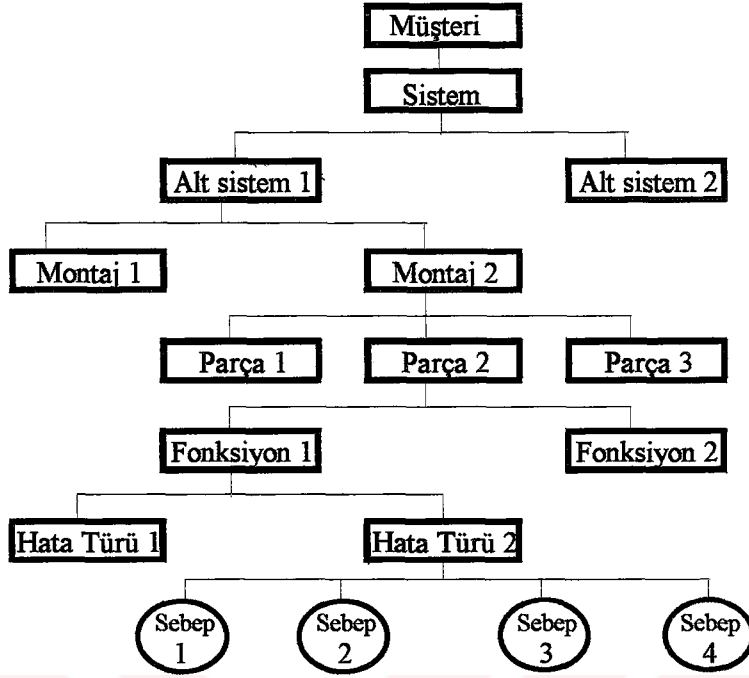
4.5.2 Analiz Faaliyetleri

FMEA, ürün hakkında detaylı bilgiler kullanır ve bu detaylar da ancak ayrıntılı analizlerle elde edilebilir. Bu aşamada, ürünün fonksiyonları veya başka bir deyişle ne işe yaradıkları ve üründen neler beklendiği tanımlanır. Tüm bu çalışmaların amacı, olası hata türü ve olası hata nedenlerinin doğru olarak belirlenmesidir.

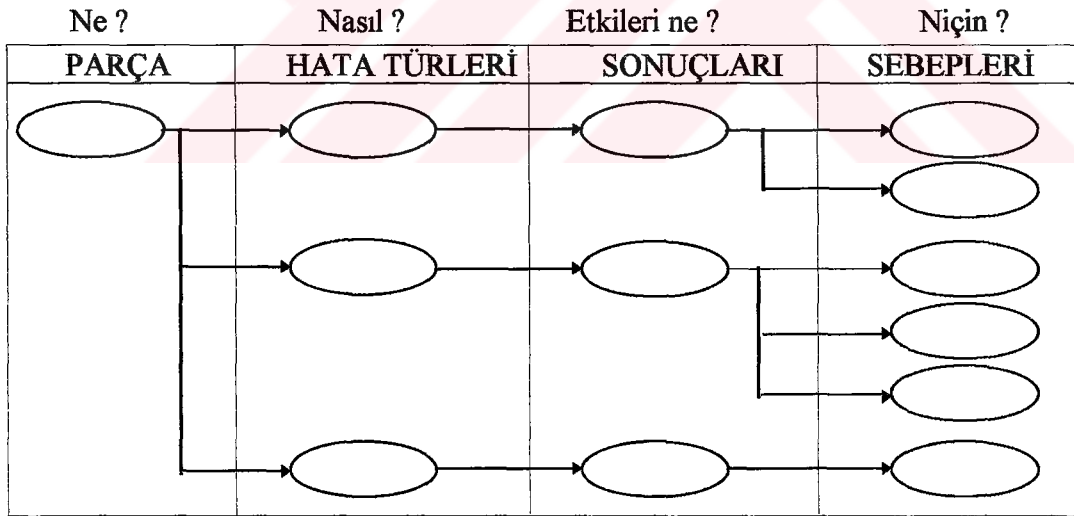
Şekil 4.6 müşterilerden sebeplere ulaşma zincirini, Şekil 4.7 ise FMEA'nın nasıl uygulandığı ifade edilmektedir.

4.5.2.1 Olası Hata Türü

Sistemin görevini tam anlamıyla yerine getirememesi hata olarak adlandırılır ve bu hatanın ortaya çıkma şekli ise hata türüdür. Olası hata türü, hatanın ortaya çıkma durumunu ve sistemi etkilemesinin tanımını içerir.



Şekil 4.6 Müşteriden hata sebeplerine ulaşma (ÇİĞDEM,1994)



Şekil 4.7 FMEA yöntemi (ÇİĞDEM,1994)

Hata türünü belirlemek için, “ürün ya da proses istenilen özelliklere nasıl sahip olamaz” sorusuna cevap aranır. Ortaya çıkabilecek hata türleri fonksiyonellik veya donanım ile ilişkili olabilir. Aşağıda hata türlerine örnekler listelenmiştir.

Donanımla İlgili:

- Kırılma,
- Sıkışma,
- Renk Uyumsuzluğu,
- Titreme,
- Korozyona Uğrama vb.

Fonksiyonellikle İlgili;

- İşlemede süreksizlik yani kesinti,
- Çalışmanın Durması.

4.5.2.2 Olası Hata Etkileri

Hata gerçekleşirse ne olacak sorusuna cevap aranır ve ürünü kullanacak müşterinin bundan nasıl etkileneceği belirlenmeye çalışılır. Bu müşterinin iç müşteri olabileceğide akıldan çıkartılmamalıdır. Bu belirlemede, müşteri şikayetleri, güvenilirlik verileri, yapılan deney sonuçları ve garanti işlemlerine ait geribildirimlerden yararlanılır.

FMEA çalışmalarında, bir hata türünün bir etkisi olduğu varsayılır. Oysaki bir hata türü, birden fazla etkiye sahip olabilir. Bu her bir hata türünün tüm sistem üzerindeki etkilerinin büyüklükleri gözönüne alınarak bileşke hata etkisine ulaşılabilir ve tek bir değere indirgenebilir.

Olası hata etkilerine örnekler aşağıda listelenmiştir.

- Müşteri Memnuniyetsizliği,
- Gürültü,
- Kaza riski taşıma,
- Kötü Görünüş vb.

4.5.2.3 Olası Hata Sebebi

Listelenen hata türleri ve etkilerinden sonra, bu hatalara sebep olan koşulların belirlenmesi gereklidir ve genel olarak bu, hata türünü oluşturan ilk anormalliktir. Bu listeleme sırasında kesin olarak belirli yani açık sebepler yazılmalıdır (örneğin, operatör devir hızını yanlış ayarlama da hatalı), belirsiz ve kesin olmayan sebepler (örneğin, işçi hatası, makine arızası) kullanılamaz.

Hata türünün olası sebeplerini tanımlamak için, beyin fırtınası, sebep-sonuç diyagramları, hata ağacı analizleri kullanılır.

Hata sebeplerine örnekler şunlardır:

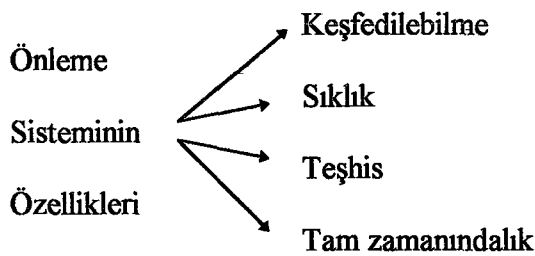
- Kötü çevre koşulları,
- Aşırı yükleme,
- Aşırı zorlama,
- Operatörün eğitiminin yetersizliği vb.

4.5.2.4 Hata Keşfetme

Ortaya çıkması muhtemel bir hata türünün müşteriye ulaşmasını engelleme çalışmalarına hata keşfetme adı verilir. Hataların saptanmasındaki ilk unsur kontroldür. Diğer hata saptama yöntemleri ise;

- Prototip üzerindeki deneyler,
- Proses yeterlilik analizleridir.

Önleme sisteminin özellikleri ise şunlardır:



Bu hata keşfetme yöntemleri, FMEA tablosunda gösterilmelidir. Bu bilgi, hata saptama yönteminin hatanın oluşacağı en yakın yere yerleştirilmesinde yardımcı olur. Eğer herhangi bir hata saptama yöntemi yok ise geliştirilmesi gerekliliğini ifade eder.

4.5.3 Değerlendirme

Bu aşamada, FMEA'nın olası hatalarının göreceli olarak değerlendirilmesi gerçekleştirilir. Aşağıda bu değerlendirmede kullanılan göstergelerin açıklanması yer almaktadır.

4.5.3.1 Hatanın Ortaya Çıkma Olasılığı (O)

Hatanın ya da onu yaratan sebebin gerçekleşme olasılığıdır. Bu değer, sebebler ve hata türü ile ilişkilidir. Olasılık değeri belirlenirken, neden oluşuyorsa, hata türünde oluşacağı varsayılır. Buna göre olasılık değeri; hata sebebinin ortaya çıkması olasılığı P_1 ile hata nedeni oluşuktan sonra bunun hata türüne yolaçması $P_{2/1}$ koşullu olasılığının çarpımıdır (AMDEC, 1992).

Hatanın ortaya çıkma olasılığının belirlenmesinde proses yetenek göstergesi C_{pk} 'da kullanılabilir. Bu durumda C_{pk} değeri büyüdükçe hatanın ortaya çıkma olasılığı küçülecektir.

Bulunan olasılık değerlerine göre hatalar 5 grupta sınıflandırılır. Tablo 4.1'de MIL-STD'de önerilen sınıflandırma yer almaktadır.

Tablo 4.1 Hataların Sınıflandırılması

Sınıf	Olasılık Değeri	Açıklama
A	$p > .20$	Ortaya çıkma olasılığı çok yüksek hatalar
B	$.10 < p < .20$	Ortaya çıkma olasılığı oldukça yüksek hatalar
C	$.01 < p < .10$	Arasıra ortaya çıkan hatalar
D	$.001 < p < .01$	Oldukça az ortaya çıkan hatalar
E	$p < .001$	Nadiren ortaya çıkan hatalar

Diğer bir yöntem ise, FMEA ekibince olasılıkların tahmin edilmesidir. Bu tahminler sırasında, hatanın ve sebebin ürün müşteriye ulaşmadan çıkmaması olacağı kabul edilir. 1 ile 10 arasında yapılan bu sınıflandırma Tablo 4.2’dedir.

Tablo 4.2 Hata Olasılık Değerlendirme Tablosu (ÇİĞDEM, 1994)

Ortaya Çıkma Durumu	Takdir düzeyi
Çok uzak	1
Düşük	2,3
Orta	4,5,6
Yüksek	7,8
Çok yüksek	9,10

4.5.3.2 Hatanın Şiddeti (S)

Hatanın müşteriye yansımalarının değerlendirildiği bu göstergede kullanılan veri kaynakları, hata belirlemedekilerle aynıdır. Etki değerinin belirlenmesi için hataların şiddetleri gruplanmalıdır.

Tablo 4.3’de şiddetlerin sınıflandırılma yöntemini göstermektedir.

Tablo 4.3 Hata Şiddeti Değerlendirme Tablosu (ÇİĞDEM, 1994)

Şiddet Sınıfları	Kıstas	Açıklama
Mevcut değil veya çok düşük olasılıkta	1	Müşteri tarafından farkedilmeyecek hatalar
Düşük kritiklikte:	2,3	Müşteri için önemsiz bir dert oluşturur ki, performans düşüklüğü belirlemede zorlanır
Orta kritiklikte:	4,5,6	Görünen bir performans düşüklüğü nedeniyle müşteriye sinirlendirir ve sıkıntıya sokar
Yüksek kritiklikte:	7,8	Arıza veya yüksek performans düşüklüğü nedeniyle müşteride dikkate değer tatminsizlik yaratır.
Çok yüksek kritiklikte:	9,10	Yasalar, kurallar, vb’ye göre emniyetsizlik ve uygunsuzluğu içerir.

FMEA tablosuna, yüksek kritiklikte ve çok yüksek kritiklikteki hatalar, FMEA tablosundaki ∇ sütünuna işlenmelidir.

4.5.3.3 Hatanın Keşfedilebilirliği (K)

Olası bir hatanın son kullanıcıya ulaşmama olasılığıdır veya bir başka söylemle, hatanın ürün müşteriye ulaşmadan keşfetme olasılığıdır. Tablo 4.4 keşfedilebilirliklerin sınıflandırılma yöntemini göstermektedir.

Bu tablolar rehber olma niteliğinde verilmiş örneklerdir ve sınıflandırma düzeyleri her şirkette değişebilir.

Tablo 4.4 Hatanın Keşfedilebilirliğinin Değerlendirilmesi (STAMATIS, 1995).

Keşfedilebilirlik	Oran	Düzy	Açıklama
Yüksek	> 99.99 %	1	Kusur muayenelerden Geçmez
Orta	>99.1 %	2,3,4,5	Gözle görülebilir kusur
Düşük	> 98 %	6,7,8	Saptanması kolay olan kusur
Çok Düşük	> 90 %	9	Saptanması kolay olmayan kusur
Olası Değil		10	Kontrol edilemeyen veya edilmeyen kusur, gizli kusur

4.5.3.4 Risk Öncelik Göstergesi (RÖG)

Risk Öncelik Göstergesi, hata sebeplerinin birbirlerine nazaran göreceli önemini gösterir. Bu değer, hata endişelerini büyükten küçüğe doğru sıralamak için kullanılmalıdır (Pareto diyagramına benzer şekilde). Risk öncelik göstergesi büyük ve yüksek şiddet değeri olan sebeplere, düzeltici önlemlerin başlatılmasında öncelik verilmelidir. Risk öncelik sayılarının başka bir değer veya anlamı yoktur, olası sebebin , düzeltilmesinde öncelik tayini amacıyla kullanılır.

Risk Öncelik Göstergesi, her bir hata sebebi için, saptanan olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik değerlerinin çarpılması ile bulunur. Uygulamada bu yöntem daha sıklıkla tercih edilmektedir.

$$RÖG= O \times \text{Ş} \times K$$

Diğer bir Risk Öncelik Göstergesi hesabı ise, her bir hata sebebi için, saptanan olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik değerlerinin toplanmasıyla bulunur.

$$RÖG= O+ \text{Ş} + K$$

Aşağıda, bu iki RÖG hesaplama yönteminin karşılaştırıldığı bir örnek vardır. Bu örnekte, büyük değerdeki şiddet 2.yöntemde RÖG değerine daha etkin yansımıştır. Örnekteki bir hata türü için,

Ortaya çıkma olasılığı = 1

Şiddet = 9

Keşfedilebilirlik= 1

Bu değerler için,

$$(1) RÖG = 1 \times 9 \times 1 = 9 \text{ (1000 üzerinden 9) veya } \% 0.9$$

$$(2) RÖG = 1 + 9 + 1 = 11 \text{ (30 üzerinden 11) veya } \%37$$

Hesaplanan RÖG değerleri, bir histogram üzerinde gösterilmelidir. Bu sayede hem iyileştirme çalışmaları izlenebilir hem de RÖG değerleri daha kolay sınıflandırılabilir.

Hesaplanan RÖG değerlerine göre şu sınıflandırma yapılır:

- Küçük ise düzeltici faaliyete gerek yoktur ($RÖG < 40$).
- Orta büyüklükteyse, düzeltici önlemler alınması gerekebilir ($40 < RÖG < 100$).
- Yüksek olduğu durumlarda düzeltici önlem alınmalıdır. Eğer RÖG-değeri çok yüksek ise mutlaka düzeltici önlemler alınmalı, hatta proses ya da tasarım üzerinde değişikliklere gidilmelidir ($RÖG > 100$).

Aynı RÖG değerine sahip hatalar varsa, öncelik şiddeti yüksek olan hataya verilir. Daha sonra verilecek öncelik ise keşfedilebilirliktir.

4.5.3.5 Düzeltici Önlemler

Düzeltici önlemler, olası hata türlerini ve sebeplerini ortadan kaldırmak ya da olumsuz etkilerini minimize etmek için tasarım, proses, malzeme gibi unsurlarda yapılacak geliştirme faaliyetleridir.

RÖG değerlerini küçültmek, maliyet ve çabaların aşırı israfına sebep olabilir, bu yüzden maliyetlerde dikkate alınmalıdır.

Düzeltilici önlemler ile RÖĞ değeri azaltılmaya çalışılır. Bu azaltım, olasılık, şiddet ve keşfedilebilirlik faktörlerinde küçültmeler yapmakla mümkündür (ÇİĞDEM,1994).

- Olasılık, tasarımı değiştirerek (malzeme,boyutlar, bilgiler vb.) prosesi değiştirerek (makinelere, kalıplar, çavrimler, tezgah yerleştirmesi vb.) azaltılabilir.
- Şiddet, incelenen şiddetin (gereğinden fazlalık, farklı sistemler, vb.) hatalarını önleyerek yapılacak dikkate değer bir tasarımın gözden geçirilmesiyle azaltılabilir.
- Keşfedilebilirlik, mevcut kontrol önlemlerini iyileştirerek ve daha etkili kontrolleri benimseyerek azaltılabilir (göze, amaca yönelik işlemler, vb.)
- Filtrelemeyi iyileştirerek, keşfedilebilirlik azaltılabilir.

Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da proses ve tasarım FMEA’ında kullanılan örnek düzeltilici faaliyetler verilmiştir (STAMATIS,1995).

Tablolardaki E’ler sütündeki göstergeleri etkilediğini belirtmek için “evet” yerine, H’ler ise göstergeleri etkilemediğini ifade etmesi için “hayır” yerine ve B’ler ise “belki” anlamında kullanılmıştır

Tablo 4.5 Proses FMEA ’ında kullanılabilecek düzeltilici faaliyetler

Düzeltilici Faaliyetler	O	Ş	K
Ürünün yeniden tasarımı	E	E	E
Mevcut kontrolün geliştirilmesi	H	H	E
Parça malzemelerinin değiştirilmesi	E	H	E
Uygulamayı Değiştirme	E	E	E
Konu ile ilgili çevre koşullarını değiştirmek	E	E	E
Güvenilirlik programları geliştirmek	E	H	E
Çalışanların eğitimini geliştirmek	H	H	E
FMEA programı uygulamak	E	E	E
İPK programları uygulamak	H	H	H
Kalite Planı Geliştirmek	H	H	H

Tablo 4.6 Tasarım FMEA 'sında kullanılabilecek düzeltici faaliyetler

Düzeltilici Faaliyetler	O	Ş	K
Prosesin yeniden tasarımı	E	B	E
Ürünün yeniden tasarımı	B	B	B
Mevcut kontrolün geliştirilmesi	H	H	H
Parça malzemelerinin değiştirilmesi	B	H	B
Uygulamayı Değiştirme	H	B	B
Konu ile ilgili çevre koşullarını değiştirmek	H	B	H
Güvenilirlik programları geliştirmek	E	H	E
Çalışanların eğitimini geliştirmek	B	H	E
FMEA programı uygulamak	E	E	E
İPK programları uygulamak	E	H	E
Kalite Planı Geliştirmek	E	H	E

4.5.4 İzleme ve Uygulama

Yapılan iyileştirmeler, hatayı kritiklikten çıkarıncaya kadar sürdürülür. Alınan önlemlerin RÖG değerini azalttığı doğrulandıktan sonra bu değişiklik, proses akış planlarına, imalat araçlarına ve organizasyondaki gerekli birimlere yansıtılır.

4.5.5 Doğrulama

FMEA çalışmasının son aşaması olan doğrulamanın amacı, düzeltici önlemlerin uygulandığını test etmek ve yeni oluşabilecek hataları belirlemektir.

Ayrıca, sistemin zaman içerisinde değişime uğrayıp uğramayacağının da doğrulanması gerekmektedir. Uygulanması düşünülen önlemler ile var olan önlemlerin uyum sorunları olup olmayacağıda araştırılmalı ve uyumlulukları doğrulanmalıdır.

4.6 ÖRNEK HTEA UYGULAMALARI

4.6.1 Tasarım HTEA Uygulaması (ÇİĞDEM, 1994)

PARÇA: Kazan körüğünün su sızdırmazlığını sağlayan conta (P/N 26001 80000
Y 26 Çamaşır Makinası)

İNCELENEN ÜRÜNÜN TANIMI

- Kazan körüğü, çamaşır makinasının önünden suyun sızmasını önlemek üzere tasarlanmış bir contadır.
- Kazan körüğü, gövde ile kazan arasına konulur.
- Kazan körüğü, gövde ve kazan üzerinde bulunan ilgili oluklar üzerinde iki kelepçeyle sabitlenir.
- Su sızdırmazlığını garanti etmek için, kapak kapandığı zaman kazan körüğü kapak camı ile temas halindedir.
- Kazan körüğü, çamaşırların tambur ile kazan arasına kaçmasına engel olmak için bir çıkıntı oluşturur.

ÜRÜN FONKSİYONLARI

Birincil Fonksiyonlar :

- A - · Kazan ile gövde arasındaki sızdırmazlığı garanti etmek.
- B - · Ön kapaktan sızdırmazlığı garanti etmek.
- C - · Tamburdan kazana çamaşırların geçmesini önlemek.

İkincil Fonksiyonlar :

- D - · Kazan sarsıntısının emilmesine katılmak.
- E - · Estetik özelliğe hizmet etmek.
- F - · Kolay monte edilebilir olmak.
- G - · Çamaşırlara hasar vermekten sakınmak.
- H - · Kapağın belirlenen gerekli kuvvetle kapanırlığını sağlamak.
- I - · Diğer makina fonksiyonlarının kaybından sakınmak.
- J - · Kilit mekanizmasına müdahaleden sakınmak.
- K - · Suyu kolaylıkla boşatmak.

FONKSİYON MATRİSİ

Kapak körüğü ile etrafındaki parçalar arasındaki ilişki, Şekil 4.8'deki fonksiyon matrisinde gösterilmiştir.

ETRAFINDAKİ PARÇALAR	KAZAN	TAMBUR	GÖVDE	ÖN KAPAK CAMI	İÇ KAPAK	KAZAN KÖRÜK KLPC.	GÖVDE KÖRÜK KLPC.	KİLİT MKNZ.
ÜRÜN FONKSİYONLARI								
A. Kazan/Gövde sızdırmazlığı	x					x		
B. Ön kapak sızdırmazlığı			x	x	x		x	
C. Tamburdan kazana çamaşır geçişini önleme	x	x		x				
D. Sarsıntı emme								
E. Estetik Özellik								
F. Kolay montaj	x		x			x	x	
G. Çamaşırlara hasar vermeme								
H. Kapağın kapanırlığını sağlama			x	x	x			
I. Diğer makine fonksiyon kaybını sakınma		x						
J. Kilit mekanizmasına müdahaleden sakınma								x
K. Suyu boşaltma	x		x					

x = parça fonksiyonu korumada katılımda bulunuyor

Şekil 4.8 Fonksiyon Matrisi (ÇİĞDEM, 1994)

HATA TÜRLERİ

- A Kazan ile gövde arasındaki sızdırmazlığı garanti etmek**
HT1 Kazan ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasındaki boşluk.
HT2 Kazan  n sacı radyüsü ile körüğün ilişkili bölgeleri arasındaki boşluk
HT3 Gözenek, çatlaklar,  apak, pürüz.
- B  n kapaktan sızdırmazlığı garanti etmek**
HT3 Gözenek, çatlaklar,  apak, pürüz
HT4  n kapak camı ile körüğün ilişkili bölgeleri arasındaki boşluk
- C Tamburdan kazana  amışırların geçmesini önlemek**
HT5 Körük  ıkıntısında kırıklar
HT6 Tambur ağızında tambur ile körük çıkıntısı arasındaki fazla açıklık
- D Kazan sarsıntısının emilmesine katılmak**
HT7 çok sert
- E Estetik  zelliğ  hizmet etmek**
HT8 Renginin değışmesi
HT9 Görünür yüzeylerde kıvrım
HT10 Kötü koku
- F Kolay monte edilebilir olmak**
HT11 Kazan ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında çok fazla müdahale
HT12 Gövde ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında çok fazla müdahale
HT13 Yeterince elastik değıl
- G  amaşırlara hasar vermekten sakınmak**
HT14 Körük çıkıntısı çok uzun
HT15 Tambur ile kazan körüğü arasında fazla boşluk
- H Kapağın belirlenen gerekli kuvvetle kapanırlığını sağlamak**
HT16 İ  kapak ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında müdahale
HT17  n kapak camı ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında çok fazla müdahale
- I Diğ r makina fonksiyonlarının kaybından sakınmak**
HT18 Tambur ile körük çıkıntısı arasında hiç boşluk yok
- J Kilit mekanizmasına müdahaleden sakınmak**
HT19 Kilit mekanizması ile kazan körüğünün ilişkili bölgeleri arasında yetersiz boşluk
- K Suyu kolaylıkla boşaltmak**
HT20 Suyun dışarı çıkış yolu zorluğ 

ETKİLER

- HT1 Su sızdırması - tamir gerektirir - makina ana fonksiyonlarından birinin kaybı - müşteriye hasar (halılar, yer, makina).
HT2 HT1'in aynı.
HT3 HT1'in aynı.
HT4 Su sızdırması - tamir gerektirir - makina ana fonksiyonlarından birinin kaybı - müşteriye hasar (halılar,yer)
HT5 çamaşırların tambur ile kazan arasına düşmesi-tahliye pompasının tıkanması sonucu makinanın çalışmaması tamir gerektirir-ısıtıcıya hasar kazana ve tambura hasar çamaşırlara hasar.

HT6	HT5'in aynı
HT7	Makina sarsılır, yerinden oynar - tamir gerektirir
HT8	Müşteri tatminsizliği
HT9	HT8'in aynı.
HT10	Müşteri tatminsizliği - tamir gerektirir
HT11	Tamamlanmamış montaj + HT1' in aynı
HT12	HT11'in aynı
HT13	HT11'in aynı
HT14	Çamaşırlara hasar - tamir gerektirir
HT15	HT14'ün aynı
HT16	Kapatma zorluğu - tamir gerektirir
HT17	HT16'nın aynı
HT18	Kazan körüğünün aşınması - gürültü - fazla enerji tüketimi + HT5'in aynı.
HT19	HT1'in aynı
HT20	Müşteri tatminsizliği

SEBEPLER

HT1	Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar, şekil). Kazan ağız çapında çok fazla tolerans. Kazan körük kelepçesinin yetersiz sıkma kuvveti Kazan körük oyuğu ile kazan kelepçesi arasında uyumsuzluk
HT2	Yanlış şekil seçimi (radyüs, açı, boşluk) Kazan ön sacı radyüsü ile kazan körüğü arasında uyumsuzluk
HT3	Tambur ayarsızlığı nedeniyle sürtünme Yüksek kelepçe gerginliği nedeniyle kıvrımlar ve kıvrımlar nedeniyle sürtünme. Yanlış malzeme seçimi (sıcak su, deterjanlar, buhar, mekanik gerilmeler ve çevre koşullarına düşük direnç).
HT4	Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar). Ön kapak camının toleransı çok fazla Malzeme elastikliğinin kaybolması. Kelepçenin yetersiz sıkması.
HT5	Tambur ayarsızlığı nedeniyle sürtünme Yanlış malzeme seçimi (sıcak su, deterjanlar, buhar, mekanik gerilmeler ve çevre koşullarına düşük direnç) Körük çıkıntısı çok uzun.
HT6	Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar, açılar, şekil). Tambur şeklinin toleransı çok fazla. Malzeme elastikliğinin kaybolması
HT7	Yanlış malzeme seçimi (elastiklik çok düşük). Körük lastiğinde fazla kalınlık.
HT8	Yanlış malzeme seçimi (sıcak su, deterjanlar, buhar ve çevre koşullarına düşük direnç).
HT9	Tambur ayarsızlığı Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar, şekil)

- HT10 Yanlış malzeme seçimi (başlangıçta kötü koku ve sıcak su, deterjanlar, buhar ve çevre koşullarına düşük direnç).
- HT11 Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar, kalınlık).
Kazan ön sac toleransı çok fazla.
- HT12 Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar, kalınlık).
Gövde toleransı çok fazla.
- HT13 Yanlış malzeme seçimi (çok düşük elastiklik).
Körük lastiğinde fazla kalınlık
- HT14 Yanlış şekil seçimi (boyutlar).
- HT15 Tambur ayarsızlığı.
Yanlış şekil seçimi (boyutlar).
- HT16 Yanlış kalınlık seçimi (boyutlar, toleranslar).
Kazan körük oyuğu ile gövde kelepçesi arasında uygunsuzluk.
- HT17 Yanlış kalınlık seçimi (boyutlar, toleranslar).
Ön kapak camı toleransı çok fazla.
- HT18 Yanlış şekil seçimi (radyüs, açılar, boşluk).
Tambur ayarsızlığı.
- HT19 Yanlış şekil seçimi (boyutlar).
Kazan körük çentiğinin yanlış yerde seçilmesi
- HT20 Yanlış şekil seçimi (açılar).
Yetersiz delik çapı.

KONTROL ÖNLEMLERİ

A- Normal olarak 20 adet prototip ürün üzerinde ömür testi yapılmaktadır. Bu test makinanın ömrü boyunca göstereceği düzensiz davranışları göstermelidir.

B- Belirlenmiş yöntemleri, araçları ve parçaları kullanarak imalat hattında imal edilen 100 makinada çeşitli testler yapılmaktadır. Bu öneri testleri, prosin yanısıra makina analizi için de kullanılmaktadır.

C- Seri üretimin başlangıcında, Tasarım Bölümü ilk makina montajını dikkatlice yaparak, tüm parçalar arasındaki boyutsal uygunluğun teyidini sağlamaktadır.

D- Genelde plastik/lastik parçalarda koku için özel deney genellikle yapılmaktadır.

E- Ömür performanslarını teyit etmek için lastik parçalar için genellikle testler yapılmaktadır.

DEĞERLENDİRME KISTASLARI

OLASILIK

Ekip, 1’den 10’ a kadar standart puanlandırma sistemini seçmiştir. Bazı seçimler aşağıdaki şekilde yorumlanırlar.

Hata ve sebebinin açıkça meydana gelmesinin mümkün olmadığı durumda, benzer ürünlere ait teknik resimlere ve geçmişte toplanan verilere bakılarak olasılık sayısı kararlaştırılır.

Hata ve sebebinin meydana gelmesinin mümkün olmadığı durumda, benzer ürünlere ait teknik resimlere ve geçmişte toplanan verilere bakılarak olasılık sayısı kararlaştırılır, fakat ekip bunun hakkında küçük bir kuşkusunu da belirtir.

Eski veriler olmaksızın, yeni önerilen sistem nedeniyle ekip tarafından kuşku belirtilmesi durumunda olasılık sayısı kararlaştırılır.

Benzer ürünlere ait eskiden toplanmış verilerin, bu hatanın seyrek olarak meydana geldiğini göstermesi durumunda ve yeni önerilen istem nedeniyle ekip tarafından kuşku belirtilmesi durumunda olasılık sayısı kararlaştırılır.

Benzer ürünlere ait eskiden toplanmış verilerin, bu hatanın meydana gelmesinin arasıra gözlemlendiğini göstermesi durumunda ve yeni önerilen sistem nedeniyle ekip tarafından kuşku belirtilmesi durumunda olasılık sayısı kararlaştırılır.

ŞİDDET

Ekip, 1’den 10’a kadar standart puanlandırma sistemini seçmiştir. Tablo 4.7, kusur puanları ile bunlara karşı gelen şiddet değerleri ilişkisini göstermektedir. Aynı kusur puanı için farklı şiddet sayıları arasından seçim, müşteriye verilen ekonomik hasarın ciddiyeti göz önüne alınarak kararlaştırılır ve yapılır (daha yüksek hasar maliyeti - daha yüksek şiddet değeri).

KEŞFEDİLEBİLİRLİK

Ekip, 1’den 10’a kadar standart puanlandırma sistemini seçmiştir. Kontrol önlemlerinin, sebepleri ve/veya hataları filtreleme yeteneğinin değerlendirilmesi

gerçekleştirilmiş ve sayısal olarak ifade edilmiştir. Sebep veya hatayı %100 olasılıkla yakalama güvencesi veren hiçbir kontrol önlemi olmadığından, şiddet değeri olarak 1 verilmemiştir.

Tablo 4.7 Şiddetlerin Sınıflandırılması

Kusur Puanları	Tanım	Şiddet Değerleri
1	Arızanın makina performansına etkisi yoktur müşteri arızanın farkına varmaz	1
10	Makinanın esas fonksiyonlarında bir kayıp olmaksızın arıza müşteriye rahatsız eder	2 3
50	Arıza makinanın esas fonksiyonlarında bir kayıp yaratır, tamire ihtiyaç vardır ve müşteriye hasar verir.	5 6 7
100	Arıza nedeniyle makina çalışmaz- tamir gerektirir ve müşteriye hasar verir.	8 9
100	Müşteri emniyetini etkiler	10

ÖNERİLEN İYİLEŞTİRMELER

Risk öncelik göstergeleri ekip tarafından incelenmiş ve büyükten küçüğe doğru sıralı olarak Pareto diyagramında gösterilmiştir. Ekip, 168-120-108-96-81 ve 80 olan altı en büyük RÖG' ne, kendileriyle ilgili olan risklerini azaltmak için iyileştirme çalışması yapmaya karar vermiştir. Geri kalan diğer durumların riskleri nisbeten göze alınabilir olarak düşünülmüştür.

- RÖG 168 Yaşlandırma testi yeniden tasarlanarak keşfedilebilirliği geliştir. Kazan körüğünün elastiklik ömrünü uygun olarak keşfetmek için mevcut testin çok zayıf olduğu değerlendirilmiştir.
- RÖG 120 Malzeme seçimini yeniden inceleyerek, uygun olmayan bir malzemeye sahip olma olasılığını azalt. Olası alternatif malzemeler hakkında

bilgi toplanacak ve daha dayanıklı bir malzeme bulunursa, malzeme maliyetinin fazla etkilenmediği gözönünde bulundurularak, yeni malzemeye göre çizimler değiştirilecektir.

- RÖG 108- RÖG 108 için keşfedilebilirlik sayısını azaltmaya yönelik olarak yapılacak önerilen iyileştirme çalışması bu durum için de geçerlidir.
- RÖG 96 Kazan körüğü montaj testi tasarlayarak keşfedilebilirlik geliştirilecek. Şu anda sadece 100 adet seri üretim öncesi montajla bu olası hata filtrelenmektedir. Montaj testi, kazan körük prototipleri hazır olur olmaz, hemen uygulanmalıdır.
- RÖG 81 RÖG 120 için olasılık sayısını azaltmaya yönelik olarak yapılacak önerilen iyileştirme çalışması bu durum için de geçerlidir.
- RÖG 80 RÖG 96 için keşfedilebilirlik sayısını azaltmaya yönelik olarak yapılacak önerilen iyileştirme çalışması bu durum için de geçerlidir.

TASARIM FMEA TABLOSU														
Proses: XX		Tedarikçi: XX		Mühendis: XX		Revizyon: XX								
Proses Sorumlusu: XX		Model: XX		Tarih: XX		Kontrol: XX								
Üretim Başlangıcı: XX														
Parça / Alt Sistem	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Koşullar				Düzeltilici Önlemler			İyileştirilen Koşullar			
				Kontrol Önlemleri	O	Ş	K	RÖG	Önerilen İyileştirmeler	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş	K
Kazan Körüğü	Kazan ile körüğün ilgili bölgeleri arasında boşluk olması	Makina ana fonksiyonlarının kaybı ve müşteriye hasar	Yanlış Çap Seçimi	1- Ömür Testleri 2- İlk Numune Analizi 3- Ön Seri Testleri	1	8	4	32						
	"	"	Kazan Ağzı Çapının Toleransının Büyüklüğü	"	1	8	4	32						
OLASILIK		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG		Proje Üyeleri		Bölüm		
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	YÜKSEK	1	YÜKSEK	1							
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2, 3	ORTA	2, 3, 4, 5	ORTA	2, 3, 4, 5							
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6							
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8							
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10							

TASARIM FMEA TABLOSU																	
Proses: XX		Tedarikçi: XX		Mühendis: XX		Revizyon: XX											
Proses Sorumlusu: XX		Model: XX		Tarih: XX		Kontrol: XX											
Üretim Başlangıcı: XX																	
Parça / Alt Sistem	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Koşullar				Önerilen İyileştirmeler	Düzeltilici Önlemler		İyileştirilen Koşullar						
				Kontrol Önlemleri	O	Ş	K		RÖG	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş	K	RÖG		
	Kazan körüğünde gözenek, çatlak, çapak veya pürüz olması	Makina ana fonksiyonlarının kaybı ve müşteriye hasar	Tambur ayarsızlığı nedeniyle sürülme	1- Ömür Testleri 2- İlk Numune Analizi 3- Ön Seri Testleri	2	8	4	64									
	"	"	Yanlış Malzeme Seçimi	1, 3 ve 5- lastik parçaların denemesi	5	8	3	120	Olası Alternatif malzemeler analiz edilecek ve buna göre çizim değiştirilecek	Teknik Bölüm		2	8	3	48		
OLASILIK				ŞİDDET				KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG		Proje Üyeleri		Bölüm	
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme								
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL		1	YÜKSEK		1										
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE		2, 3	ORTA		2, 3, 4, 5										
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE		4, 5, 6	DÜŞÜK		4, 5, 6										
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE		7, 8	ÇOK DÜŞÜK		7, 8										
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE		9, 10	OLASI DEĞİL		9, 10										

3.7.2 Proses HTEA Uygulaması (ÇİĞDEM, 1994)

PARÇA: Kazan körük prosesi (su sızdırmazlığını sağlayan conta P/N 26001

80000 Y26 Çamaşır Makinası

İNCELENEN ÜRÜNÜN TANIMI

- Kazan körüğü, çamaşır makinasının önünden suyun sızmasını önlemek üzere tasarlanmış bir contadır.
- Kazan körüğü, gövde ile kazan arasına konulur.
- Kazan körüğü, gövde ve kazan üzerinde bulunan ilgili oluklar üzerinde iki kelepçeyle sabitlenir.
- Su sızdırmazlığını garanti etmek için, kapak kapandığı zaman kazan körüğü kapak camı ile temas halindedir.
- Kazan körüğü, çamaşırların tambur ile kazan arasına kaçmasına engel olmak için bir çıkıntı oluşturur.

İNCELENMEKTE OLAN PROSESİN TANIMI

Kazan körüğünün üretim prosesi yan sanayide başlar. Yan sanayi lastik hamurunu kalıplamaktadır. Çapakları kesildikten sonra, ürün kontrol edilir, paketlenir ve Arçelik' e sevkedilir.

Ana operasyonlar şunlardır:

- Kazan körüğünün girişi - yan sanayiden gelen ürün idari ve teknik kontrollardan geçirilir.
- Kazan körüğünün kontrolleri - kazan körüğü kümesi ilgili kalite prosedürlerine göre kontrol edilir.
- Kazan körüğünün depolanması - kazan körüğü kümesi, kalite onayından sonra malzeme ambarında depolanır.
- Kazan körüğünün taşınması - ana taşıma faaliyeti ambar ile 1.montaj faaliyeti arasındadır - diğer taşımalarından bahsedilmemiştir - taşıma belirlenmiş yöntemler ve araçlarla yapılır.

- Kazan körüğü montajı 1 - bu işlemede işçi kazan körüğünü eline almakta ve kazanın ilgili oluşunun üzerine elleriyle zorlayarak yerleştirmektedir. Ayrıca, kazan körüğünü sabitlemek için üzerinde sıkma vidası olan kazan körük kelepçesi yerleştirilmektedir. Vidanın sıkılması, değiştirilebilir uçlu ve ayarlanabilir torklu bir havalı tornavida ile yapılmaktadır.
- Kazan körüğü montajı 2 - bu işlemede işçi kazan körüğünün diğer kenarını gövde üzerindeki oluk üzerine yerleştirmektedir. Ayrıca, basit bir aletle
- gövde körük kelepçesini yerleştirmektedir.
- Makinenin son kontrolleri - montajı tamamlanan makinelerin gözle kontrolünün ardında %100 fonksiyon testleri (içlerine çamaşır konulmaksızın) yapılır. Makinelerin %2' sine ürün audit' i uygulanır.
- Makinenin ambalajlanması - tamamlanan ve onaylanan makineler otomatik olarak ambalajlanırlar ve depolama ve sevkiyat için ürün ambarına gönderilirler.

ÜRÜN FONKSİYONLARI

Birincil Fonksiyonlar :

- A - • Kazan ile gövde arasındaki sızdırmazlığı garanti etmek.
- B - • Ön kapaktan sızdırmazlığı garanti etmek.
- C - • Tamburdan kazana çamaşırların geçmesini önlemek.

İkincil Fonksiyonlar :

- D - • Kazan sarsıntısının emilmesine katılmak.
- E - • Estetik özelliğe hizmet etmek.
- F - • Kolay monte edilebilir olmak.
- G - • Çamaşırlara hasar vermekten sakınmak.
- H - • Kapağın belirlenen gerekli kuvvetle kapanırlığını sağlamak.
- I - • Diğer makina fonksiyonlarının kaybından sakınmak.
- J - • Kilit mekanizmasına müdahaleden sakınmak.

K - · Suyu kolaylıkla boşatmak.

FONKSİYON MATRİSİ

Kazan körüğü fonksiyonları ile proses işleme aşamaları arasındaki ilişkiler bir matris oluştururlar (Şekil 4.9).

☐ Fonksiyon yaratılıyor ☒ Fonksiyon Etkileniyor (olasılık)	GİRİŞ	KONTROL	DEPOLAMA	TAŞIMA	MONTAJ I	MONTAJ II	SON KONTROL	AMBALAJ
A. Kazan/Gövde sızdırmazlığı					o			
B. Ön kapak sızdırmazlığı			x		x	o		
C. Tamburdan kazana çamaşır geçişini önleme			x		o			
D. Sarsıntı emme								
E. Estetik Özellik								
F. Kolay montaj			x					
G. Çamaşırlara hasar vermeme			x		o			
H. Kapağın kapanırlığını sağlama						x		
I. Diğer makine fonksiyon kaybını sakınma			x		x	x		
J. Kilit mekanizmasına müdahaleden sakınma					o			
K. Suyu boşaltma					o			

Şekil 4.9 Fonksiyon Matrisi (ÇİĞDEM,1994)i

PROSES SEÇİMİ

Akış şeması ve fonksiyon matrisi incelendikten sonra, ekip tarafından kazan körüğü montajının 1. işlemesi üzerine uygulanmasına karar verilmiştir. Çünkü bu

işleme en kritik faaliyet olarak varsayılmıştır. Montaj işleme tanımı ilgili döküman üzerinde gösterilmiştir.

PROSES FONKSİYONLARI

Birincil fonksiyonlar:

- A- Kazan körüğünü kazan üzerine düzgün olarak yerleştirmek
- B- Kazan körüğünü kazan üzerine doğru olarak yerleştirmek
- C- Kazan körük kelepçesini düzgün olarak yerleştirmek
- D- Kazan körük kelepçesini sıkmak

İkincil fonksiyonlar:

- E- Hasarsız parçalar üretmek

HATA TÜRLERİ

Fonksiyon

- A - · Kazan körüğünü kazan üzerine düzgün olarak yerleştirmek

HT1 · Kazan körüğü doğru yere yerleştirilmedi

HT2 Kazan körük kelepçesini yerleştirirken körüğün yer değiştirmesi

- B - · Kazan körüğünü kazan üzerine doğru olarak yerleştirmek

HT3 · Kazan körük çentiği ve kazan çentiğinin karşılıklı gelmemesi

- C - · Kazan körük kelepçesini düzgün olarak yerleştirmek

HT4 · Kazan körük kelepçesi doğru yerine yerleştirilmedi

HT5 · Sıkma esnasında kazan körük kelepçesinin yer değiştirmesi

- D - · Kazan körük kelepçesini sıkmak

HT6 · Uygun olmayan tornavida kullanılması

HT7 · Vidayı yeetersiz sıkma

HT8 · Uygun olmayan parçaların kullanılması

E - · Hasarsız ürünler üretmek

HT8 · Uygun olmayan parçaların kullanılması

HT9 · Uygun olmayan aletlerin kullanılması

HT10 · El ile çok fazla işleme

ETKİLER

HT1 · Su sızdırması - tamir gerektirir - makina ana fonksiyonlarından birinin kaybı -müşteriye hasar (halılar, yer, makina).

HT2 · HT1' in aynı.

HT3 · Sürtünme + HT1' in aynı.

HT4 · HT1' in aynı.

HT5 · HT1' in aynı.

HT6 · HT1' in aynı.

HT7 · HT1' in aynı.

HT8 · HT1' in aynı - Estetik problemler nedeniyle müşteri tatminsizliği

HT9 · HT8' in aynı *

HT10 · HT8' in aynı *

SEBEPLER

HT1 · Eğitim eksikliği, deneyimsizlik

· Uygun olmayan kazan körüğü

· Uygun olmayan kazan

HT2 · Eğitim eksikliği, deneyimsizlik

· Uygun olmayan kazan körük kelepçesi

HT3 · Eğitim eksikliği, deneyimsizlik

HT4 · Eğitim eksikliği, deneyimsizlik

Uygun olmayan kazan körük kelepçesi

HT5 · Eğitim eksikliği, deneyimsizlik

HT6 · Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar, açılar, şekil).

· Tambur şeklinin toleransı çok fazla.

HT7 · Yanlış malzeme seçimi (elastiklik çok düşük).

· Körük lastiğinde fazla kalınlık.

· Yanlış malzeme seçimi (elastiklik çok düşük).

· Körük lastiğinde fazla kalınlık.

HT8 · Yanlış malzeme seçimi (elastiklik çok düşük).

· Körük lastiğinde fazla kalınlık.

· Yanlış malzeme seçimi (elastiklik çok düşük).

· Körük lastiğinde fazla kalınlık

HT9 · Tambur ayarsızlığı.

· Yanlış çap seçimi (boyutlar, toleranslar, şekil)

HT10 · Eğitim eksikliği

KONTROL ÖNLEMLERİ

- A - Üretim hattını terketmeden önce, montajı tamamlanan makinelere %100 olarak son test yapılır. Bu test makinelerin performans değerlendirmesini ve yıkama çevrimlerini (içlerine çamaşır konulmaksızın) içerir. Gözle muayene kontrolü sona erdirir ve şasi üzerine “Kontrol Edilmiştir” damgası vurulur. Bu işlem, 2.KK.057 kontrol talimatına göre yapılır.
- B - Üretilen makinelerin %2 oranındaki bir miktarı ürün ambarından alınarak laboratuarda ürün auditi yapılır. Bu test bütün performans değerlendirmesini içerir. Ürün auditi gözle yapılan kontrolla son bulur. Bu işlem, 9.KK.015 mühendislik talimatına göre yapılır.
- C - Her altı ayda bir işletmede iç audit yapılır. Bu audit’ te montaj işçilerinin yetenek ve deneyimi, kullanılan yöntemler, tezgah ve aletlerin durumu ile çalışma ortamı kontrol edilir. Bu işlem, 2.ST.016 denetim planına göre yapılır.
- D - Kazan körüğü için gelen malzeme kabul prosedürü, malzeme kontrollerinin frekans, özellikler, araçlar ve yöntemler yönünden nasıl yapılacağını belirler (16/300 oranında numune alınarak kontrol yapılır). Bu işlem, 2.SO.069 kontrol talimatına göre yapılır.
- E - Körük kelepçeleri için gelen malzeme kabul prosedürü, malzeme kontrollerinin frekans, özellikler, araçlar ve yöntemler yönünden nasıl yapılacağını belirler (2/100 oranında numune alınarak kontrol yapılır). Bu işlem, GK260090 talimatına göre yapılır.
- F - Montaj işçisinin kullanılan malzemeler ve işlemenin sonucu hakkında değerlendirme ve yorum yapması gerekir.
- G - Seri başı olarak imal edilen ilk 100 makinenin imalatı esnasında, montaj hattı üzerinde kararlaştırılan yöntemler, araçlar ve parçalar için çeşitli testler yapılır. Bu seri başı testleri; prosesi değerlendirmek için kullanılmasının yanı sıra, makine analizleri için de kullanılırlar.

H - Kazan ön kapakları imal edildikten sonra %100 olarak gözle kontrol edilirler, 1/500 oranında da boyutsal olarak kontrol edilirler. Bu işlem, 2.ST.005 kontrol talimatına göre yapılır.

DEĞERLENDİRME KISTASLARI

OLASILIK

Ekip, 1'den 10' a kadar standart puanlandırma sistemini seçmiştir. Bazı seçimler aşağıdaki şekilde yorumlanırlar.

1. Hata ve sebebinin açıkça meydana gelmesinin mümkün olmadığı durumda, benzer ürünlere ait teknik resimlere ve geçmişte toplanan verilere bakılarak olasılık sayısı kararlaştırılır.
2. Hata ve sebebinin meydana gelmesinin mümkün olmadığı durumda, benzer ürünlere ait teknik resimlere ve geçmişte toplanan verilere bakılarak olasılık sayısı kararlaştırılır, fakat ekip bunun hakkında küçük bir kuşkusunu da belirtir.
3. Eski veriler olmaksızın, yeni önerilen sistem nedeniyle ekip tarafından kuşku belirtilmesi durumunda olasılık sayısı kararlaştırılır.
4. Benzer ürünlere ait eskiden toplanmış verilerin, bu hatanın seyrek olarak meydana geldiğini göstermesi durumunda ve yeni önerilen istem nedeniyle ekip tarafından kuşku belirtilmesi durumunda olasılık sayısı kararlaştırılır.
5. Benzer ürünlere ait eskiden toplanmış verilerin, bu hatanın meydana gelmesinin arasıra gözlemlendiğini göstermesi durumunda ve yeni önerilen sistem nedeniyle ekip tarafından kuşku belirtilmesi durumunda olasılık sayısı kararlaştırılır.

ŞİDDET

Ekip, 1'den 10'a kadar standart puanlandırma sistemini seçmiştir. Aşağıdaki tablo, kusur puanları ile bunlara karşı gelen şiddet değerleri ilişkisini göstermektedir. Aynı kusur puanı için farklı şiddet sayıları arasından seçim, müşteriye verilen ekonomik hasarın ciddiyeti göz önüne alınarak kararlaştırılır ve yapılır (daha yüksek hasar maliyeti - daha yüksek şiddet değeri).

Kusur Puanları	Tanım	Şiddet değerleri
1	Arızanın makina perfomansına etkisi müşteri arızanın farkına	1
10	Makinanın esas fonksiyonlarında bir olmaksızın arıza müşteriyi rahatsız	2 3
50	Arıza makinanın esas fonksiyonlarında kayıp yaratır, tamire ihtiyaç vardır müşteriye hasar verdirir.	5 6 7
100	Arıza nedeniyle makina çalışmaz- gerektirir ve müşteriye hasar	8 9
100	Müşteri emniyetini etkiler	10

KEŞFEDİLEBİLİRLİK

Ekip, 1'den 10'a kadar standart puanlandırma sistemini seçmiştir. Kontrol önlemlerinin, sebepleri ve/veya hataları filtreleme yeteneğinin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiş ve sayısal olarak ifade edilmiştir. Sebep veya hatayı %100 olasılıkla yakalama güvencesi veren hiçbir kontrol önlemi olmadığından, şiddet değeri olarak 1 verilmemiştir.

ÖNERİLEN İYİLEŞTİRMELER

Risk öncelik göstergeleri ekip tarafından incelenmiş ve bütün RÖG sayıları büyükten küçüğe doğru sıralı olarak Pareto diyagramında gösterilmiştir. Ekip, 160-128-96-96- olan dört en büyük RÖG' ne, kendileriyle ilgili olan risklerini azaltmak için iyileştirme çalışması yapmaya karar vermiştir. Geri kalan diğer durumların riskleri nispeten göze alınabilir olarak düşünülmüştür.

RÖG 160 • Tornavida için aşağıdaki hususları içeren bir önleyici bakım düzenleyiniz:

- İşlevini yerine getirme, tork sınırları için haftalık revizyon yapınız, gerekiyorsa değiştiriniz.
- Ucunun günlük revizyonunu yapınız ve gerekiyorsa değiştiriniz.

- Tornavidayı ayda bir defa, tam bakımdan geçmiş bakım stoğundaki bir tornavidayla değiştiriniz. Değiştirilen tornavidanın tam bakımını gerçekleştiriniz.

RÖG 128- Durumu yeniden inceleyerek, uygun olmayan bir tork seçilme olasılığını azalt. Olası alternatif torklar hakkında bilgi topla ve buna dayanarak talimatları değiştir.

RÖG 96 - Sorunu ortaya koymasına rağmen, havalı tornavidanın yetersiz hava basıncına sahip olma olasılığını azaltma olasılığının ekip olanağı dışında olduğu varsayılmıştır. Bu nedenle, keşfedilebilirliği iyileştirmek için hava basınç değerinin montaj işçisi tarafından kolay okunmasını sağlamak amacıyla, işçiye yakın bir yere bir manometre konulmasını ekip önermiştir.

RÖG 96 Yan sanayiden uygun olmayan körük kelepçelerinin alınması olasılığını azalt. Yan sanayi proses ve kalite sistemini tekrar gözden geçirerek düzelt ve iyileştirilmesini iste veya yan sanayiye değiştir.

PROSES FMEA TABLOSU												
Proses: XX		Tedarikçi: XX		Mühendis: XX		Revizyon: XX						
Proses Sorumlusu: XX		Model: XX		Tarih: XX		Kontrol: XX						
Üretim Başlangıcı: XX												
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Koşullar			Önerilen İyileştirmeler	Düzeltilici Önlemler		İyileştirilen Koşullar		
				Kontrol Önlemleri	O	Ş K RÖG		Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş K RÖG	
MONTAJ 1	Kazan körüğü yerine doğru olarak yerleşmedi	Makinada fonksiyon kaybı, müşteriye ve makineye hasar	Eğitim eksikliği veya deneyimsizlik	1- Son performans 2- Ürün denetimini (audit) 3- İşçilerin, yönetimin, ekipmanın iç denetimini	3	8 2 48						
	"	"	Uygun Olmayan Kazan Körüğü	1, 2, 3 ve gelen malzeme kabul kontrolü	1	8 2 16		3			2	8 3 48
OLASILIK				ŞİDDET			KEŞFEDİLEBİLİRLİK			RÖG		
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Değerlendirme	Bölüm		
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	YÜKSEK	1		1					
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2, 3	ORTA	2, 3, 4, 5		2, 3, 4, 5					
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6		4, 5, 6					
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8		7, 8					
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10		9, 10					

PROSES FMEA TABLOSU													
Proses: XX	Tedarikçi: XX	Mühendis: XX	Revizyon: XX										
Proses Sorumlusu: XX	Model: XX	Tarih: XX	Kontrol: XX										
Üretim Başlangıcı: XX													
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Koşullar				Düzeltilici Önlemler				İyileştirilen Koşullar	
				Kontrol Önlemleri	O	Ş	K	RÖG	Önerilen İyileştirmeler	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş K RÖG
	Uygun Olmayan Tornavida Kullanılması	Makinede fonksiyon kaybı, müşteriyi ve makineye hasar	Yetersiz Bakım ve Onarım	1,2,3 ve 6	5	8	4	160	Önleyici Bakıma geçilmesi	Bakım Bölümü	İş Yoluunda günmektedir ve teyd edilmiştir.	2	8 4 64
	"	"	Tornavida seçim Hatası	1,2,5 ve 8- Seri başı montaj analizi	2	8	2	32					
OLASILIK		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG		Proje Üyeleri		Bölüm	
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme		Tahmin	Değerlendirme		Tahmin	Değerlendirme					
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL		1	YÜKSEK		1						
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE		2, 3	ORTA		2, 3, 4, 5						
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE		4, 5, 6	DÜŞÜK		4, 5, 6						
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE		7, 8	ÇOK DÜŞÜK		7, 8						
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE		9, 10	OLASI DEĞİL		9, 10						

5.DENEYSEL TASARIM (DOE)

5.1 DENEYSEL TASARIM KAVRAMI VE GELİŞİMİ

5.1.1 Giriş

Bugün tüm sektörler, ulusal, uluslararası veya bölgesel bir artan rekabet ile karşı karşıyadır. Bu rekabet içerisinde, teknoloji tabanlı ve çok kısa ömürlü ürünler, prosesler, hizmetler hızla artmaktadır. Bu şartlarda, tam doğru ve hızlı olarak karar vermek, firmalar için önemli bir sorundur.

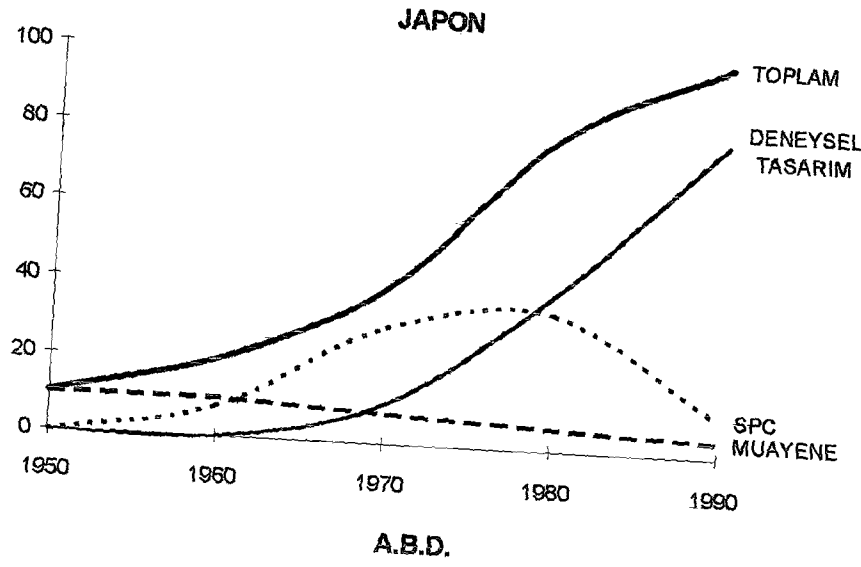
Bunun başarılması, ürünlerin ve hizmetin sürekli gelişen bir yaşam döngüsüne ulaşmaya kadarki tasarım ve geliştirme optimizasyonunun, yönetim tarafından güvenilir ve kapsamlı bir kalite anlayışını uygulaması ile mümkündür.

Evrensel bir rekabet için izlenecek rota, ürün ve hizmetimizdeki değişikliklerin azaltılmasıdır. Ürün, hizmet ve prosesimizdeki değişkenliklerin azaltılması, pazardaki rekabet gücümüzü ve karımızı dolaysız yoldan artırır.

Bu değişkenlik azaltımı, kusurlu oranlarını düşürür, ıskarta ve yeniden işleme azalır, pazar potansiyelimiz genişler ve garanti maliyetlerimiz azalır. Bu ortamda, hayatta kalmak ve daha iyiye gitmek için ürün, hizmet ve proses her zaman ilk hedefdir.

Bu yeni trend, kaliteye bakış ve kaliteyi geliştirme tekniklerinin de değişmesine sebep olmuştur. Değişkenliğin azaltılmasını sağlamak için kullanılabilen kritik bir araç, istatistiğe dayanan deneysel tasarımdır (DOE).

Şekil 5.1, ABD ve Japonya’da ki kalite ilerlemesinde kullanılan çeşitli yöntemlerin katkılarını göstermektedir. Özellikle Japon Sanayisi’ndeki deneysel tasarım tekniğinin kullanılma yüzdesi, tekniğin önemini açıkça anlatmaktadır.



Şekil 5.1 ABD ve Japonya'da ki kalite ilerlemesinde kullanılan çeşitli yöntemlerin katkıları (ŞİRVANCI, 1995)

5.1.2 Deneyisel Tasarım Kavramı

Ürün kalite karakterlerini (çıkı değişkenleri) etkileyen , proseslerin ve ürünlerin tüm aktivitelerinin (girdi değişkenleri) tüm detaylarıyla anlaşılması ve müşteri isteklerine uygun olan son ürünü etkileyen parametrelerin ne olacağının belirlenmesi işlemidir (FRIGON & MATHEWS, 1997).

“Kalite ürünle birlikte tasarlanmalıdır” anlayışının çok etkin bir biçimde uygulanması olarak ortaya çıkan deneyisel tasarım, ürün ve proses tasarımında, henüz üretime geçmeden oluşabilecek tüm kalite problemlerini önleme tekniğidir.

Deneysel tasarım aşağıda belirtilen her iki alanda da etkin olarak kullanılabilir (TAPTİK & KELEŞ,1998).

- Ürün veya proses tasarımındaki kritik kalite problemlerin çözülmesi,
- Üretimdeki kritik kalite problemlerinin çözülmesi.

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

Diğer bir deyişle deneysel tasarım, üretim ve tasarım parametrelerinin optimizasyonudur.

Tasarım, geliştirme ve iyileştirme çalışmalarında kullanılan , kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenlerin, hedef kalite parametreleri belirlemede kullanılan etkin bir yöntemdir (MAXWELL & DELANEY, 1990).

Deneysel tasarım yöntemleri;

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

gibi mühendislik tasarım uygulamalarını içerir. Deneysel tasarım yöntemleri incelenen sistemde; değişimlerin nedenlerinin araştırmayı, bu değişimleri yok etmeyi veya değişimlere karşı güçlü bir sistem oluşturmayı hedefler.

Deneysel tasarım, sistemdeki olağan nedenlerin olumsuz etkisini azaltmak amacıyla kullanılır (ŞİRVANCI,1997).

5.1.3 Gelişimi

Deneylerin tasarlanması yaklaşımı ilk defa İngiltere’de 1920’ de Sir R. Fisher tarafından tahıl üretiminin verimine katkıda bulunan en etkili kimyasalların belirlenmesi için uygulanmıştır. Uygulanan yöntem bugün varyans analizi (ANOVA-Analysis of Variance) olarak bilinen yöntemdir ve istatistiksel

uygulamalarının karmaşık matematiksel gereklerinden dolayı yeterince yaygınlaşmamıştır.

II. Dünya Savaşı'ndan büyük yaralar alan Japonya'da 1949 yılında Nippon Telefon ve Telgraf Şirketi'nde çalışan Dr. Genichi Taguchi, Ar-Ge laboratuvarlarında gereksiz deneyler yapılarak para ve zaman kaybının varlığından bahsederek deney tasarımı fikrini geliştirmiştir (DALE,1994).

W.Edwards Deming' in Japonya' da kalite ve verimliliği geliştirme felsefesi ve yöntemleri üzerine verdiği bir dizi konferanstan sonra Japon istatistikçiler tarafından bu fikirler pratik uygulamalarda hayata geçirilmiştir. Bu uygulamalar neticesinde uygun maliyette ve yüksek kalitede ürün geliştirmeye yardımcı çok pratik deney tasarım yöntemleri geliştirilmiştir.

Sir R. Fisher'in ortaya koyduğu klasik deney tasarımlarından sonra Taguchi ve Shanin, deneylerin tasarımı konusunda klasik yaklaşım üzerine kendi yaklaşımlarını geliştirerek bu tekniğin kullanımına son halini vermişlerdir (TAPTIK & KELEŞ,1998).

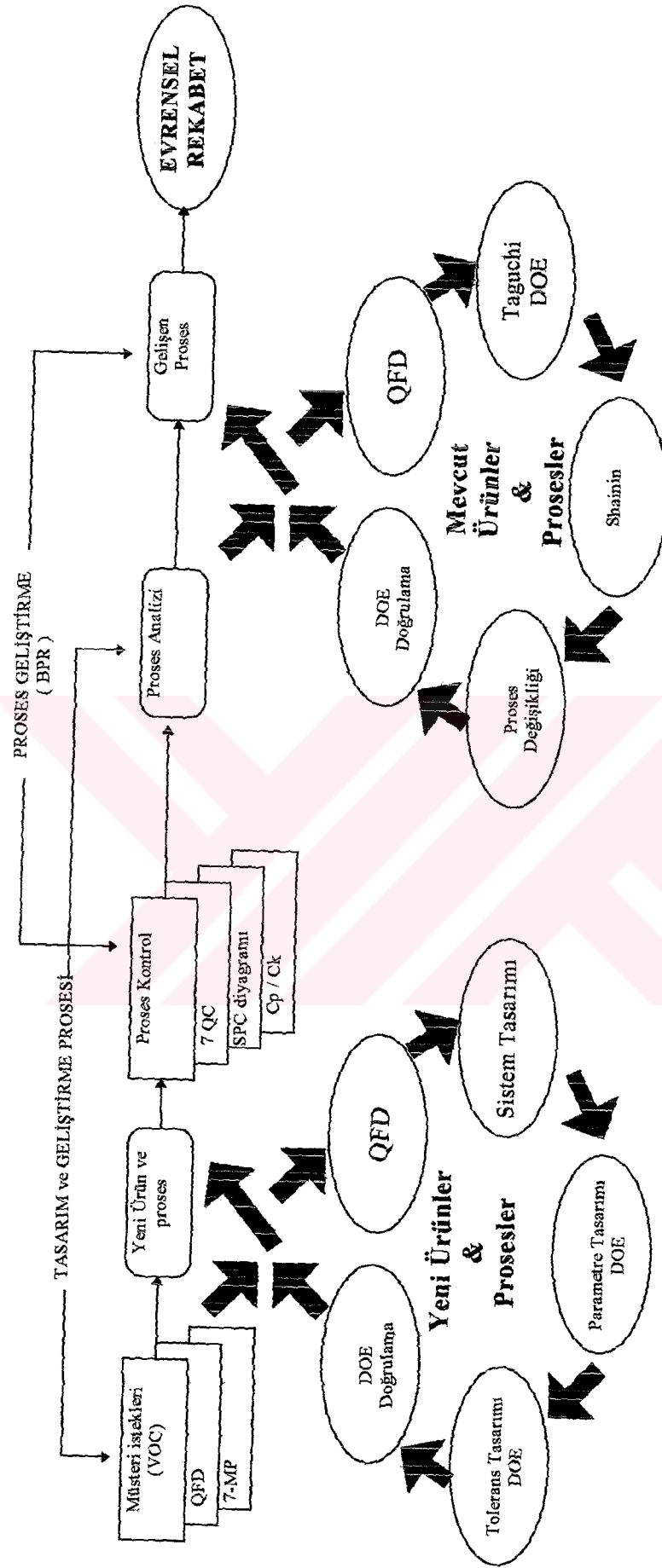
5.2 DENEYSEL TASARIMIN AMACI ve FAYDALARI

Deneysel tasarımın amacı, evrensel rekabet için, ürün ya da prosesdeki değişkenliklerin azaltılması ile kaliteyi geliştirmek ve bu sayede müşteri memnuniyetini arttırmaktır. Bunu, tasarım aşamasında veya çalışan bir proseste kritik kalite problemlerinin gidererek sağlar.

Bu temel yaklaşıma ulaşırken hedef, performans üzerine etkili ürün parametrelerinin incelenmesidir. Bu inceleme sonucunda varılacak nokta:

- Sonuç değişken üzerine en etkili değişken faktörleri belirlenmesi,
- Nominal isteklere yakın sonuç değişken üzerine diğer değişkenlerin etkisini saptamak,

Kontrol edilemeyen değişkenleri minimize etmek amacıyla diğer değişkenlerin etkilerini belirlemektir (TAPTIK & KELEŞ,1998).



* Business Proces Reengineering

Şekil 5.2 Proses Geliştirme Süreci ve Deneysel Tasarımın Rolü
(FRIGON & MATHEWS, 1997)

Ürün, hizmet ve prosesimizdeki değişkenliklerin azaltılması, pazardaki rekabet gücümüzü ve karımızı dolaysız yoldan artırır. Bu değişkenlik azaltımı, kusurlu oranlarını düşürür, ıskarta ve yeniden işleme azalır, pazar potansiyelimiz genişler ve garanti maliyetlerimiz azalır.

Şekil 5.2, evrensel rekabet amaçlı proses geliştirme sürecini ve deneysel tasarımın bu süreç içerisindeki yerini göstermektedir.

Deneysel tasarım tekniğinin iyi anlaşılabilmesi için, tekniği geliştiren Taguchi'nin kalite felsefesini anlamak gereklidir.

5.3 TAGUCHI'NİN KALİTE FELSEFESİ

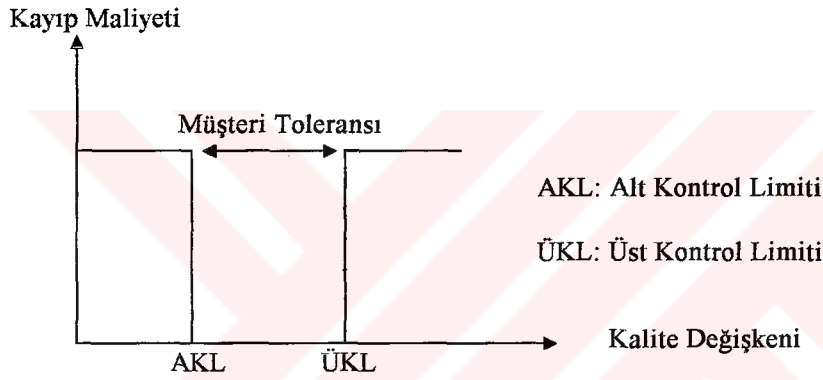
Taguchi'nin kalite felsefesi, genel anlamda aşağıdaki yedi adımla açıklanır. Bu yedi adım sadece Taguchi'nin değil diğer kalite uzmanlarının görüşlerini de yansıtmaktadır.

1. Bir ürünün, üretim kalitesini artırmanın amacı, o ürünün kullanımından dolayı toplumda meydana gelecek kayıpları minimize etmektir.
2. Rekabetin var olduğu sektörlerde, işletmelerin sektördeki yerini koruyabilmesi için kaliteyi sürekli geliştirmesi, maliyetleri azaltması ve hızlı hareket etmesi gereklidir.
3. Kaliteyi sürekli geliştirmek için, ürün performansını etkileyen karakteristiklerin, istenen değerden sapmalarını (varyasyon ya da değişkenlik) minimize etmek gereklidir.
4. Ürün performansındaki değişimden dolayı ortaya çıkan müşteri kaybı, performansı belirleyen karakteristiklerin hedef değerden sapmalarının karesi ile orantılıdır.
5. Ürüne ait son kalite değeri ile üretim maliyeti, onun dizayn aralığı ile üretim prosesine bağlıdır.
6. Bir ürünün veya prosesin performansındaki değişimi azaltmak için, ürün veya prosesin performansını dolaylı olarak etkileyen faktörlerin keşfi gereklidir.

7. İstatistiksel deney tasarımı, ürün veya proses parametrelerinin değişim performanslarının azaltılması için kullanılır.

5.3.1 Geleneksel ve Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu

Geleneksel kayıp fonksiyonuna göre, belirlenen ölçülerde ve toleranslarda üretilen ürün “kaliteli” olarak isimlendiriliyordu. “Kale direği” (Goal Post) sendromu olarak isimlendirilen bu durum sadece tasarımcı ve üretimciyi memnun etmekteydi çünkü ürünler eğer belirlenen aralığa isabet ediyorsa, kaliteyi geliştirmek için hiçbir faaliyette bulunmalarına gerek yoktu kısacası müşteri isteklerinin hiçbir önemi yoktu. Şekil 5.3’de, geleneksel kayıp fonksiyonunun grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Geleneksel Kayıp Fonksiyonu

Örnek: Bir elfeneri ampulünün nominal voltajı 2.4 Volt’dur. Üreticiler, voltaj toeransı 2.4 ± 0.1 V aralığında olan ve spesifikasyonları karşılayan 2.3 - 2.5V’lik piller satmaktadırlar. 2.3V’lik piller, el fenerine konulduğunda donuk bir ışık vermekte, 2.5V’lik piller ise ampulün çabuk patlamasına sebep olmaktadır.

Mantısal olarak müşteriler, mümkün olduğu kadar, ortalaması 2.4V olan pil almak isterler. Ancak üreticiler de toerans limitleri içinde çalışmanın tasarruflarından yararlanmak isterler (DEMİRDÖĞEN,1998).

5.3.2 Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu

Taguchi'nin kayıp fonksiyonunu oluşturan ilk unsur, ürünün kaliteli olarak isimlendirilebilmesi için aralığa değil tek noktaya isabet etmesi gerektiği

görüştür. Diğer bir unsur ise, bu noktadan uzaklaşmalar, kalite maliyetini karesel olarak arttırır.

Bu iki unsur, işletmeleri sürekli geliştirmeye zorlayan etken oluşturmaktadır.

Taguchi'nin kayıp fonksiyonunu bu iki özelliğe göre aşağıdaki gibi formüle edebiliriz.

$$L = k \times (Y - T)^2$$

L: Parasal Kayıp

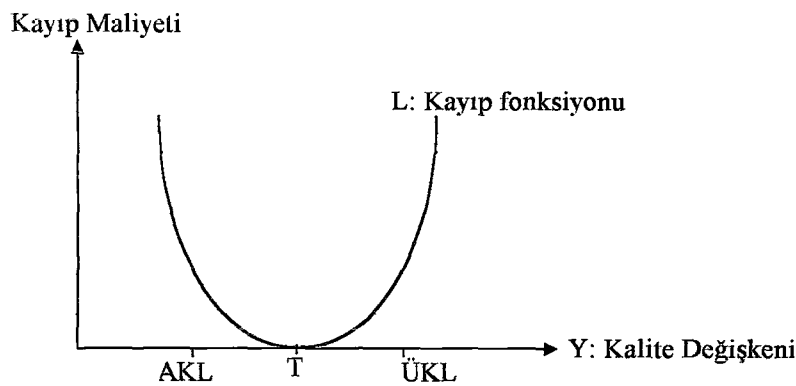
Y: Kalite Değişkeninin değeri

T: Hedef Değer

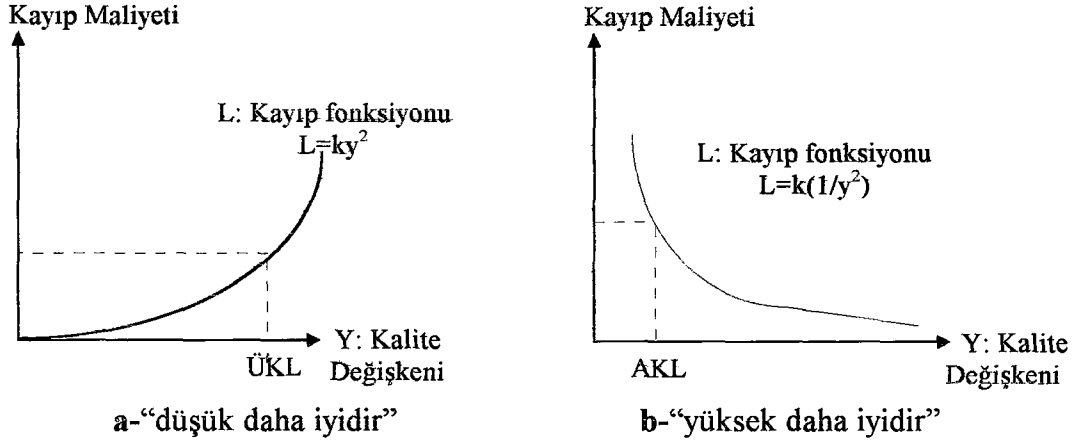
k: Spesifikasyon limitlerine ve genişliğine bağlı katsayı

Taguchi'nin kayıp fonksiyonunun genel grafiği Şekil 5.4'de ki gibidir. Ürüne ait değişkenlerin hedef değerden sapmalarının önemine göre bu grafik farklılaşabilmektedir. "Nominal daha iyidir", "düşük-daha iyidir" ve "yüksek daha iyidir" gibi kayıp fonksiyonları vardır. Şekil 5.5'de diğer kayıp fonksiyonların grafiği gösterilmiştir.

Aşağıda verilen örnek "nominal daha iyidir" durumuna uygundur. Bir lokantada yemek servisi için bekleme zamanı, gürültü veya sürtünme örnekleri için "düşük daha iyidir" kayıp fonksiyonu geçerlidir. Etkinlik, kullanma ömrü, yakıt tasarrufu gibi kriterler açısından ise kayıp fonksiyonu "yüksek iyidir" halini alır.



Şekil 5.4 Taguchi'nin Kayıp Fonksiyonu (Nominal daha iyidir)



Şekil 5.5 Diğer Kayıp Fonksiyonları (ROSS,1988)

Örnek: Japonya’da TV’lerin güç devrelerinin düz voltaj çıktı hedef değeri 115V olarak belirlenmiştir. Müşterilerin kullanımı sırasında, eskimeden kaynaklanan voltaj değişiklikleri meydana gelmektedir. Çıktı voltaj değeri, hedef değerden $\pm 25V$ ’den fazla fark gösterirse TV kullanılamaz hale gelmekte, müşteri TV’sini değiştirme ya da yeni bir güç devresi taktırma ile karşı karşıya kalacaktır. Bu durumda ortalama kayıp $L=30,000$ Yen olduğu varsayılın. Buna göre k katsayısı şöyle bulunur:

$$k = \frac{30,000}{25^2} = 48 \text{ Yen} / V^2$$

Bu durumda kayıp fonksiyonu; $L = 48 \times (Y - 115)^2$ olur.

Tolerans tasarımı için şöyle düşünelim. Bir TV setinin çıktı voltajının fabrikada 115V’den farklı olduğu ortaya çıktığı zaman, bunu düzeltmek için bir direnç değiştiriliyor ve bunun maliyeti 100 Yen’dir. Bu durumda Y toleransı ne olur?

$$100 = 48 \times (Y - 115)^2 \rightarrow Y = 115 \pm \sqrt{\frac{100}{48}}$$

$Y = 115 \pm 1.4V$ olarak bulunur

TV setlerinin çıktı voltajı $\pm 1.4V$ ’den fazla olanları hatalı sayılacaktır Üretilen TV’lerin çıktı voltajları 115V ve standart sapması 2V ise, birim başına kayıp

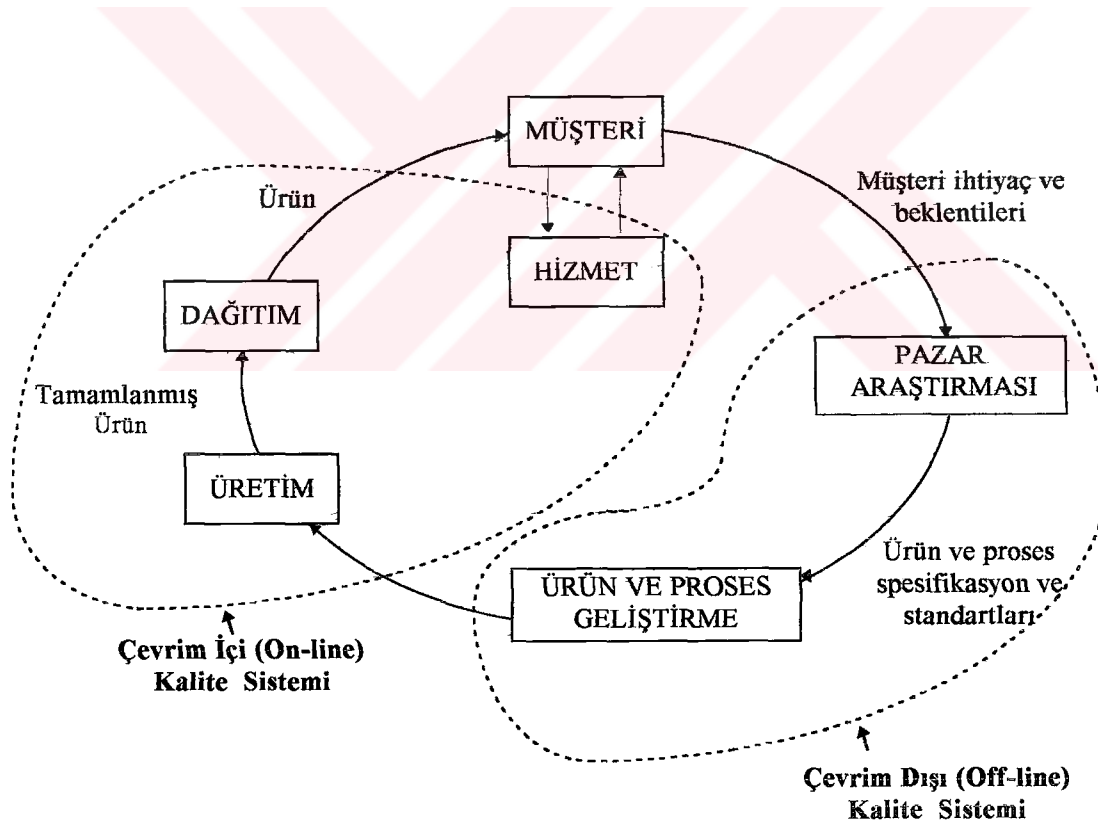
$$L = 48 \times (2)^2 = 192 \text{ Yen'dir.}$$

Standart sapmanın iki katına çıktığını düşünecek olursak TV başına kayıp;

$$L = 48 \times (4)^2 = 768 \text{ Yen'e yükselir (ŞİRVANCI,1995).}$$

5.3.3 Çevrim İçi ve Çevrim Dışı Kalite Kontrol

Taguchi'nin kalite felsefesi, kalite mühendisliği olarak da isimlendirilir ve ürünün, prosesin tasarlanması, geliştirilmesi ve üretim sürecinde müşteri memnuniyeti sağlamak amacıyla bilinen tüm kalite tekniklerinin kullanılmasını içerir. Bu teknikler kullanılarak, sürekli gelişimi sağlamak, problemleri hızlı çözmek olanaklıdır. Bu amaca yönelik faaliyetleri 2 grupta ele alabiliriz. Şekil 5.6'da bu iki grubun oluşturduğu üretim kalite sistemi yer almaktadır.



Şekil 5.6 Üretim Kalite Çemberi (ŞİRVANCI, 1995)

5.3.3.1 Çevrim İçi (On-Line) Kalite Kontrol

Kalite kontrol aktivitelerinin hemen hemen hepsi üretim ile doğrudan ilişkilidir. Bu aktiviteler, üretimi izleyen, kaliteyi ölçen, potansiyel problemlerin işaretlerini veren ve düzeltici önlemleri içeren tekniklerdir.

Ürünün imalatı sırasında, değişkenliğe sebep olan ve ürün kalitesini etkileyen kaynaklar aşağıdadır.

- Hammadde veya satın alınan ekipman kaynaklı değişkenlik
- İş akışı, kullanılan techizat veya makina arızaları kaynaklı değişkenlik
- Operatör ya da işçilik kaynaklı değişkenlik
- Yönetici kaynaklı değişkenlikler

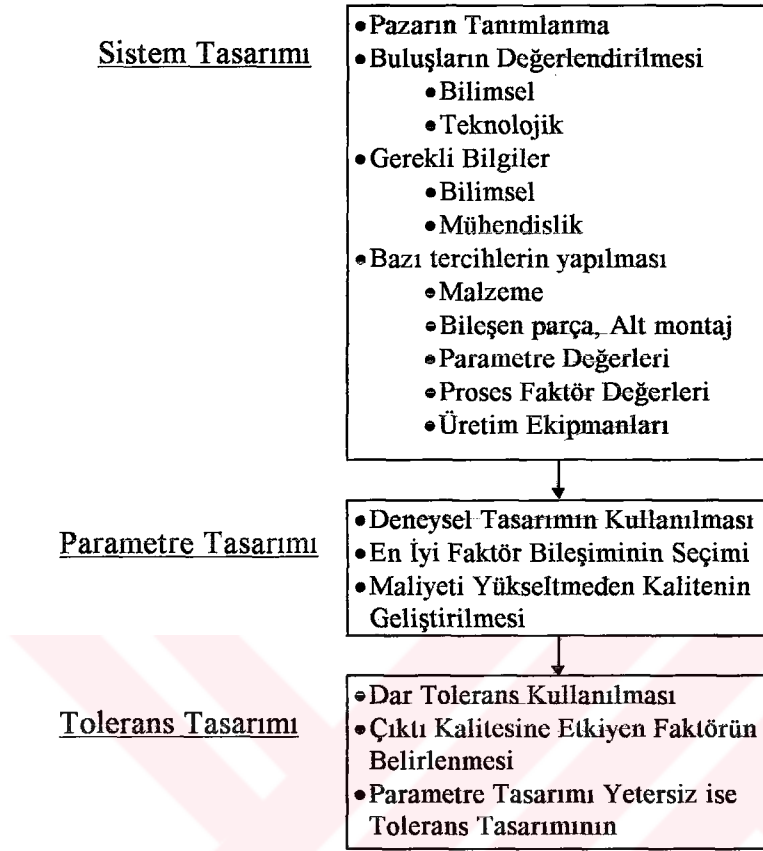
Tüm bu değişkenlikleri azaltmak ve üretim karakteristiklerindeki hedef değere getirebilmek amacıyla üç ayrı yöntem kullanılır. Bunlar,

1. Prosesin belirlenmesi ve Ayarlanması: Proses kontrolü olarak bilinen bu yöntemde, proses için düzenli bir aralık belirlenir ve üretimin bu aralıkta seyri izlenir. Aralık dışında olması bir problemin varlığının işaretidir ve bunun sebepleri araştırılır.
2. Tahmin ve Düzeltme: Kontrol ya da geri beslemeli kontrol olarak bilinen bu yöntemde, sayısal karakteristikler düzenli aralıklarla ölçülür ve bu veriler ile ortalama değerler tahmin edilmeye çalışılır.
3. Ölçme ve Faaliyet: Muayene olarak bilinen bu yöntemde, üretilen her ürün ölçülür ve belirlenen spesifikasyonlar içerisinde olup olmadığı araştırılır (ENGİN, 1997).

5.3.3.2 Çevrim Dışı (Off-Line) Kalite Kontrol

Çevrim dışı kalite kontrolünün amacı, çevrim içi kalite kontrolüne destek vermektir. Bunu ürün ve prosesi optimize ederek, üretilebilirliği ve güvenilirliği artırır. Özellikle deneysel tasarım, çevrim dışı kalite kontrol tekniklerinin temelini oluşturur.

Ürün ve prosesin optimizasyonunu üç aşamada incelenir. Şekil 5.7’de bu üç aşama gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Çevrim Dışı Kalite Kontrolünün Aşamaları (AYDIN, 1994)

Sistem Tasarımı: Ürün fonksiyonlarını karşılayan uygun tasarımın, teknolojik ve estetik açıdan oluşturulduğu aşamadır. Bu aşamada, prototip tasarımı, malzeme seçimi, üretim yöntemi gibi tüm sistem elemanları belirlenir.

Prosesle ilgili aktivitelerin ana hedefi, müşteriye en üst düzeyde memnun edecek spesifikasyonlara sahip ürünü üretebilecek en az maliyetli bir sistem sağlamaktır.

Parametre Tasarımı: Kontrol edilemeyen faktörlere karşı prosesi ve ürünü güçlendirmek amaçlı bu aşamada, ürün ve proses parametrelerinin optimizasyonu yer alır.

Ürün tasarımında deneysel tasarımın kullanıldığı adımdır. İstenen kalitede ürün üretebilmek için yapılan bir dizi çalışma sonucunda, ürün spesifikasyonuna ait hedef değere ulaşma veya hedeften sapmaların minimizasyonu amaçlanır. Hedef

değerden sapmaya etki eden faktörlerin tesbiti ve bunların değişik şartlardaki kombinasyonlarını değerlendirip optimal kombinasyonu bulma, bu aşamanın temelidir. Parametre tasarımı, Taguchi deney tasarımı olarak da adlandırılır (AYDIN, 1994).

Tolerans Tasarımı: Parametre tasarımından sonra gerçekleştirilen deneylerin, ortogonal düzenler yardımıyla, belirlenen parametrelerin sisteme, ürün kalitesine ve maliyetine kötü etkileri olmayacak şekilde sınıflandırılmasıdır. Parametre tasarımından elde edilen hedef değerlere göre toleranslar belirlenir.

Deneysel tasarımın anlaşılabilirliği için, bazı istatistiksel kavramların da iyi anlaşılması gereklidir. Bazı kavramlar ve bunların tanımları aşağıdadır.

Deney: Ürün, proses veya servis hakkında, yeni bilgiler elde etmek veya hipotezleri desteklemek veya çürütmek için yapılan planlanmış yöntemlerdir.

Faktör: Deney sonucunu etkileyen, kontrol edilen veya edilemeyen değişkenlere denir. Belirli bir ölçü değerini, sıcaklık derecesini, zamanı veya kumanda düğmesinin açık ya da kapalı olması durumu gibi kalitatif değerleride içerebilir.

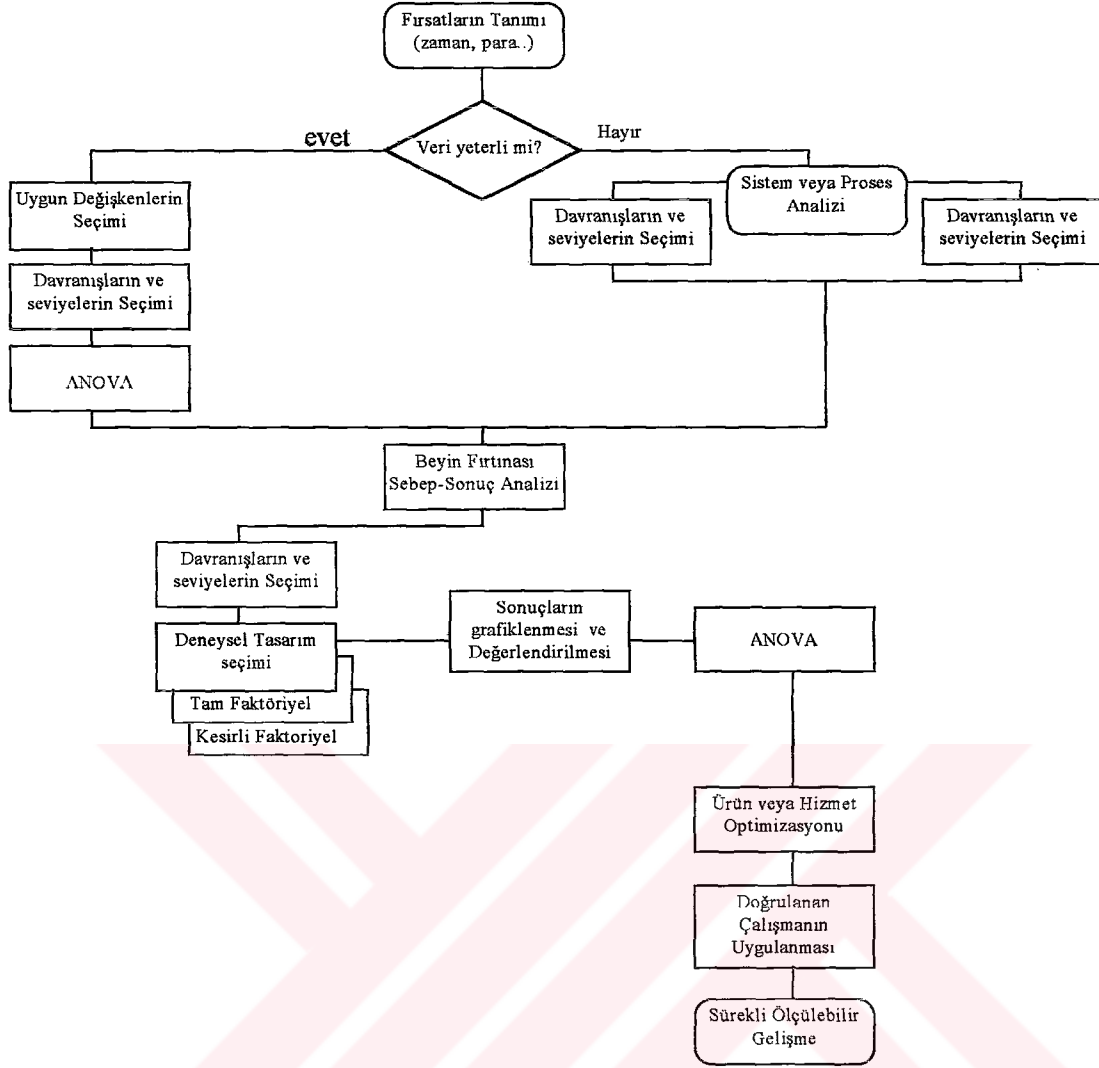
Seviye: Bir faktörün deney sırasındaki değeridir. Ölçülebilen faktörlerin seçilen bir değeri seviye olarak kabul edilir. Örneğin, yapılan deneyde 4 farklı hız kademesi varsa faktör 4 seviyelidir.

Deney Çevresi: Deneyin yapıldığı ortamdır ve deney sonuçları üzerinde bilinen veya bilinmeyen etkileri vardır.

Deney Tasarımı: Deneylerin belirli bir plana göre yapılmasıdır. Bu tasarım, faktörleri, seviyeleri, deney malzemelerini ve deney çevresini içerir.

5.4 DİĞER KAVRAMLAR

Endüstride önemli karar verme araçlarından birisi de deneysel tasarımıdır. Şekil 5.8’de deneysel tasarımın uygulanış modeli yer almaktadır.



Şekil 5.8 DOE'nin Uygulanış Modeli (FRIGON & MATHEWS, 1997)

Aktivitelerimizde deneysel tasarımı başarıyla uygulayabilmek için aşağıdaki konuları anlamış olmamız gereklidir.

- Proses iyileştirme
- Deneysel tasarım modeli
- Temel istatistiki kavramlar ve Varyans analizi (ANOVA)
- Tam faktöriyel deneyler (Full factorial experiments)
- Kesirli faktöriyel deneyler (Fractional factorial experiments)

5.4.1 Proses İyileştirme

İyileştirme kararında kullanılan bilgilerin güvenli olması zorunluluktur. Kullanılan bilgilerin kalitesi, gelişen prosesin yapısına, deneysel tasarımın doğruluğuna ve kullanılan analitik metoda bağlıdır.

Burada, deneysel tasarım ve ANOVA ile, proses analizi, ürün ve proses kontrolünün bütünleşmesini ele alınmaktadır.

Evrensel rekabeti amaçlayan bütün gelişim programları, müşteri isteklerinin (VOC-voice of customer) tam olarak anlaşılmasıyla başlamalıdır. 7 yönetim aracı (7MP) ve QFD, müşteri isteklerini, mühendislerin, analistlerin, proses tasarımı yöneten kişilerin anlayacağı teknik terimlere dönüştürür.

Daha sonra, proses sonuçlarının değerlendirilmesi ile ürün ve prosesimize bağlı optimum parametreler bulabiliriz.

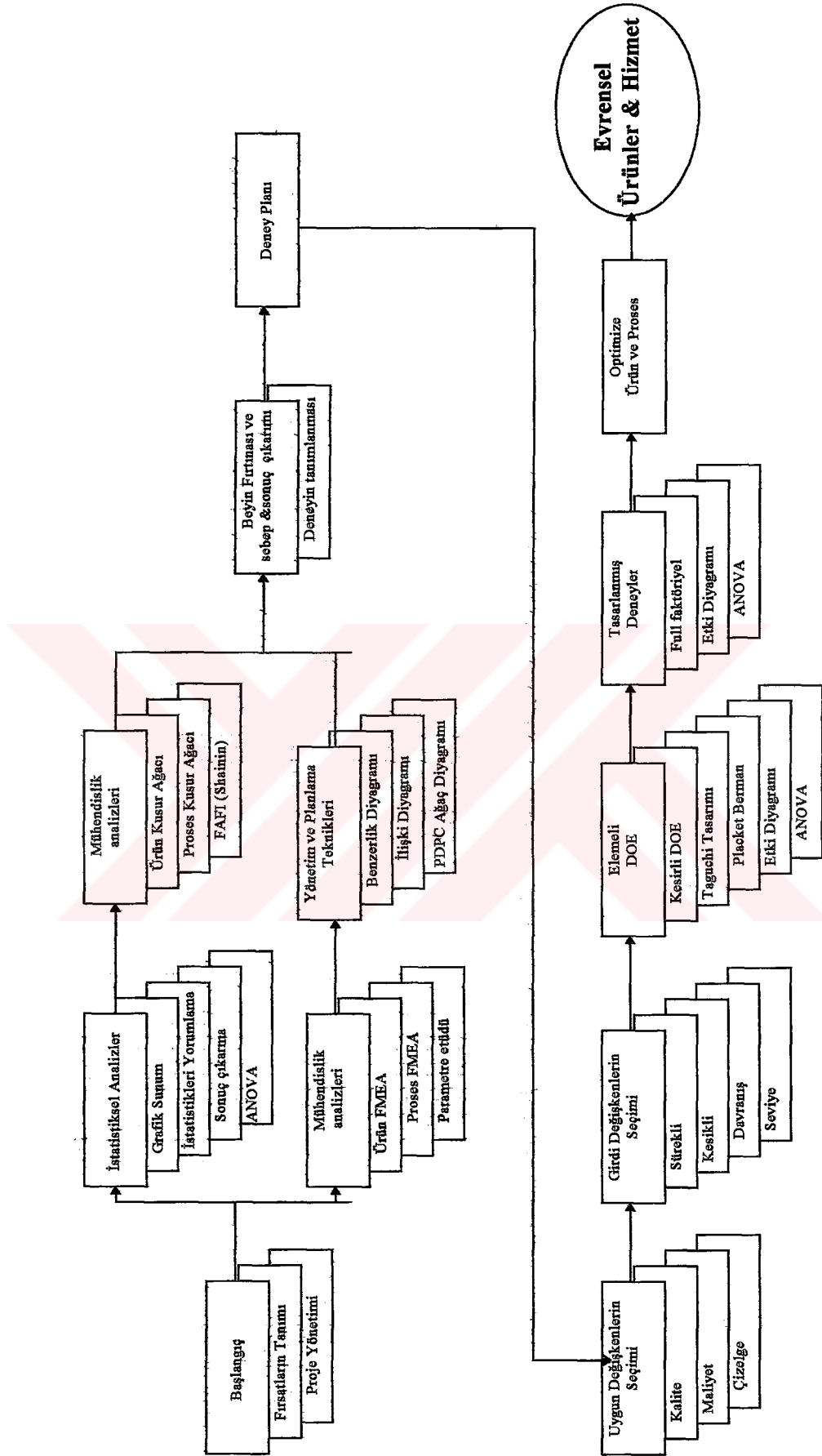
Proses analizi ve proses kontrol teknikleri ile proses dengede tutulur. ANOVA ile var olan verilerden iyileştirme sağlamaya aday veriler değerlendirilir, bu aday verilerde iyileştirmeler yapılır ve bu döngü devam ettirilir. Bu döngü Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

5.4.2 DOE Modeli

Mevcut proses, yeni ürünler ve proses geliştirmek için uygulanacak deneysel tasarım modeli Şekil 5.9’dadır.

Bu model, bir çok tekniğin, deneysel tasarımın ve ANOVA’nın kullanıldığı bütünleşik bir yöntemdir.

İlk olarak, prosesimizde neyi geliştirmek istediğimizin tam olarak anlaşılmasında fayda vardır. Ürün kalite karakterlerini (çıkış değişkenleri) etkileyen, proseslerin ve ürünlerin tüm aktiviteleri (girdi değişkenleri) bütün detaylarıyla anlaşılmalıdır. Bizim bilmek istediğimiz, müşteri isteklerine uygun olan son ürünü etkileyen parametrelerin ne olacağıdır.



Şekil 5.9 Deneyisel Tasarım Prosesi (FRIGON & MATHEWS, 1997)

Bunun için iyileştirme fırsatlarının tanımlanması gereklidir. Eğer geliştirme fırsatları mevcut proses ile ilişkili ise, eldeki veriler kullanılabilir. Bu veriler, ANOVA değerlendirmesine konu olan aktivitelere ait yeterli sayıda ve kalitede olmalıdır.

Verilerin yeterliliği, deney sayısında anlamlı azalmalar sağlar. Eğer proses ve ürün hakkında veri yetersiz ise aktivitelerin seçimi için uzmanlardan oluşan bir takımın beyin fırtınası yapması gerekir. Buna ait veriler ise 7MP ve kalite teknikleri ile sağlanır.

Bir sonraki adım, DOE yönteminde uygulanacak tasarım tipi seçimidir. Bu deneysel tasarımın seçimi, aktivitelerin (faktör) sayısına bağlıdır. Aktivite sayısı, gerekli veri seviyesine ve gerçekleştirilecek deney çalışmalarının maliyetine göre belirlenir.

Örneğin tam (full) faktöriyel deneyler çok kapsamlıdır. Maliyeti yüksektir, deney çalışmaları çok zaman alır. Kesirli faktöriyel deneyler, sadece kullanılan veriler çerçevesinde bilgi verir fakat düşük maliyetlidir. Taguchi tasarımında içine alan elemeli deneylerde, az sayıdaki veri ile bazı etkileşimli bilgiler elde edilebilir.

Bazı aktiviteler üzerinde ilk önce elemeli deneyler yapılabilir ve daha sonra kesirli ya da full faktöriyel deneyler yapılabilir. Buna artırılmış deneyler denir.

Bu deney sonuçları, 2 farklı metodla değerlendirilebilir. Birincisi, seviye etkileri ve görsel analiz için veri değerlendirmedir. İkincisi, ANOVA' ya konu olan verilerin, acaba etkiler anlamlı mı, hangi aktiviteler daha anlamlı, aktiviteler ve bu seviyelerin toplam varyansa yüzde katkısının kaç olduğu sorularına cevap vermesidir.

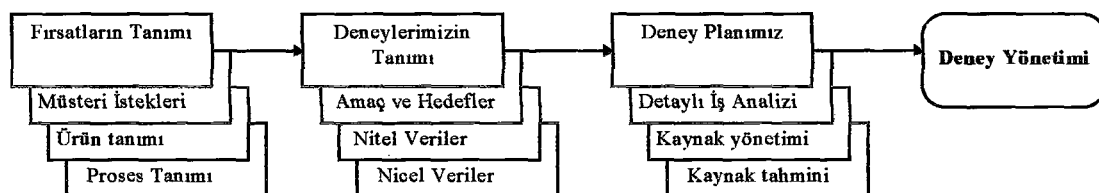
5.4.3 DOE ve Faktör Tabanlı Karar Verme

Dr. Margaret Wheatly'nin kaos teoremine göre, tüm düzensiz sistemler düzenli bir sistem ararlar ve bu arada düzensizliğe doğru giderler.

Değişkenliğin azaltımı ile mevcut prosesler daha düzenli ve tekdüze yapılabilir. Mevcut prosesler zaman ve değişiklik ile kontrolden çıkar. Bu doğal durum,

Bu metodun problemlerin çözümünde kullanılan tek yaklaşım olduğu düşünülmemelidir. Tümevarım ve tümdengelim döngüsü içindeki deneysel tasarım yerini ANOVA, Chi-Square, nonparametrics veya herhangi bir analitik metoda bırakabilir. DOE, bir çok istatistiksel teknik içermesinden dolayı bu tür döngülerde kullanılır.

Başlangıç, hangi kararların deneysel tasarımın başarısını etkileyeceği, nasıl faktör tabanlı karar verme yapılacağı gibi bir çok soru içerdiğinden zor bir aşamadır. Şekil 5.11 başlangıç devresindeki temel kavramları göstermektedir.



148

Fırsatların Tanımlanması

Müşterilerimizi, ürün ve prosesimizi bilmek ve anlamak, başarılı bir deneysel tasarım uygulaması için ilk adımdır ve genellikle alakasız deneyler yapmanında önüne geçer. Bu, ürünümüz, prosesimiz, müşteri ihtiyaç ve gereksinimleri ile ilgili faktörler için yapılan temel bir araştırmadır.

Müşterileri Anlama

Genellikle, ürün veya hizmet tasarımında, geliştirilmesinde veya iyileştirilmesinde müşteri sesi tam olarak duyulmaz daha çok pazar perspektifine bakılır. Müşteriler ürün veya hizmeti, bunların performansı ile tanırlar. Bu tanımlamalar, deneysel tasarımın amacı için çok sınırlıdır. Deneysel tasarıma hazırlık, daha detaylı, müşteri perspektifinden hareketle elde edilen ölçülebilir karakteristikleri içermelidir. Bu bilgi, müşterinin sesi (VOC) olarak müşterilerden ve pazardan türetilir.

VOC'un temelinde kesin bir müşteri memnuniyeti yatar. Üç tip müşteri memnuniyeti vardır. Birincisi temel beklentilerdir ve müşteriler ürün veya hizmeti bunun için satın almıştır. Bunların aksamasında büyük bir müşteri memnuniyetsizliği meydana gelir. İkinci çeşit müşteri beklentisi, ürün veya hizmetin içermesi istenen özelliklerdir.(istek ve arzular) Üçüncü tip ise beğeni ve zevklerdir ve bunlar müşterilere olağanüstü derecede haz verir. Aşağıda bir otomobil için yapılmış müşterilerin sesi tablosu yer almaktadır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1 Müşterilerin Sesi Tablosu

Müşteri Memnuniyeti	#	Özellik	Ölçü br.	Parametre
Beklentiler (Expectations)	1	Emniyet	Kritik hata	λ 0.001
	2	Güvenilirlik	en erken arıza süresi	1 yıl
	3	Dayanıklılık	en erken arıza mesafesi	25.000 km
İstekler (Desires)	1	Yüksek Emniyet	en erken arıza süresi	1.5 yıl
	2	Güvenilirlik	en erken arıza mesafesi	50.000 km
Zevk ve Beğeniler (Delights)	1	Yüksek emniyet	en erken arıza süresi	2 yıl
	2	Güvenilirlik	en erken arıza mesafesi	100.000 km

VOC tablosu ile müşteri deneyimleri ve beklentilerine ait veriler toplanır. Bu verileri deneysel tasarım için kullanabiliriz. Genellikle VOC verileri kalite karakteristikleri, çıktı değişkenleri, kontrol edilemeyen değişkenler olarak kullanılır. Bu bilgiler güçlü bir tasarım yaratmak amacıyla çevresel girdi olarak da kullanılabilir. Ayrıca bu değerlerin, kalite ve maliyetlede bağlantılı olduğu unutulmamalıdır.

Ürünümüzü Anlama

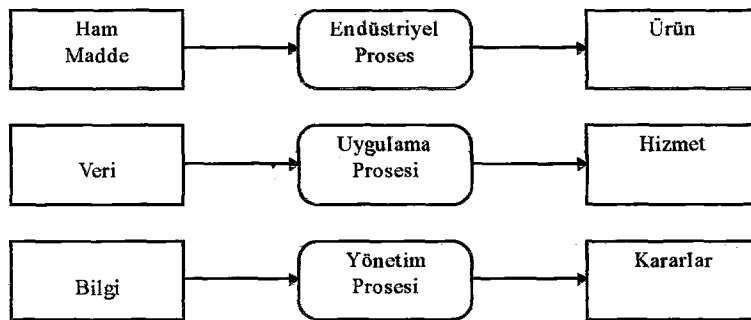
Ürünümüzü yeni bir perspektiften incelememiz, spesifikasyonlarımızı tekrar gözden geçirmemiz gereklidir. Müşteri memnuniyetindeki artışı nasıl ölçebiliriz? Ürün ya da ürünü oluşturan parçalara ait bilgileri faydalı şekilde nasıl kullanabiliriz?

Ürün ve hizmet spesifikasyonları bir çok kaynaktan gelir. Genellikle bu spesifikasyonları basit ve karmaşık olarak ifade edebiliriz.

Prosesimizi Anlama

Prosesimizi anlamak için proses analizini kullanmamız gerekir. Proses analizi, ürün ve hizmeti oluşturan veya geliştiren tüm aktivitelere sistematik bir bakış getirir.

Üç tip proses vardır; endüstriyel, uygulama (administrative) ve yönetim (managerial) prosesleri. Şekil 5.12, bu üç çeşit proses, benzer karakteristikleri olan girdi, proses ve çıktı olarak göstermektedir.



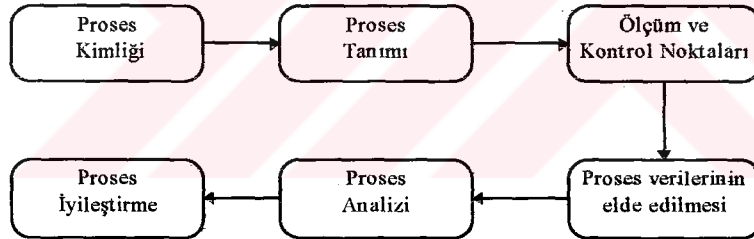
Şekil 5.12 Proses Tipleri

Endüstriyel Prosesler: Proses analizi denildiğinde ilk akla gelen proses tipidir. Bu tip prosesde, girdiler hammaddelerdir. Hammaddeler demir, çelik gibi basit formda olabildiği gibi, otomobil motoru gibi alt montaj elemanında olabilir. Endüstriyel prosesler geliştirilmeye en uygun proseslerdir.

Uygulama Prosesleri: Uygulama prosesleri, kağıt, veri, bilgi üretir. Bu ürünler müşteriler tarafından direkt olarak kullanılır. Evrensel rekabet ortamında bu tip prosesler çok fazla karmaşık ve bürokratik engeller içerir. Bu proseslerdeki geliştirmeler diğer tüm prosesleride etkiler. Verimsiz olan bir uygulama prosesi, kalite, maliyet, personel morali, takım ruhu gibi faktörlerle endüstriyel ve yönetim prosesini de olumsuz etkiler

Yönetim Prosesi: Anahtar kararları verme prosesi olarak da tanımlanabilir. Karar verme sürecinde veriler kullanılır.

Proses Analizi: Proses analizi, Şekil 5.13’de gösterilen 6 evreden oluşan bir dönüşüm metodudur.



Şekil 5.13 Proses Analizini Aşamaları (FRIGON & MATHEWS, 1997)

Proses analizinde kullanılan veriler, deneysel tasarım için teknik kaynak olacaktır. Deneysel tasarım uygulamasından önce, deneysel tasarıma veri olacak proses, fonksiyonel elemanlar, iş aktiviteleri ve ölçülebilir parametreler anlaşılmalıdır.

Proses Kimliği: Proses kimliği, prosesin, girdi, iş aktiviteleri ve çıktılarının tam olarak belirlenmesidir. Organizasyondaki her elemanın düzinelerce aktivitesi vardır. Sürekli ölçülebilen gelişim için organizasyonda kritik görevleri olan aktiviteler seçilmelidir daha sonra bu prosesler geliştirilecektir.

Aktiviteleri geliştirme kaynakları genelde sınırlıdır. Bundan dolayı öncelikli bir seçim yapılmalıdır. Bunun için 2 adım izlenir.

1. Tüm proses dökümanlarının elde edilmesi ve incelenmesi
2. proses ownership karar verilir

Proses Tanımı: Proses tanımlanması için izlenen yapısal metod, akış şemalarının tanımlanmasıdır. Aşağıdaki 5 adımdan ilk dördü bilgilerin geliştirilmesi, beşincisi ise akış şeması yaratılmasıdır.

1. Prosesin sınırlarının ve elemanlarının tanımlanması
2. Prosesin müşteri ve çıktılarının belirlenmesi
3. Prosesin tedarikçi ve girdilerinin belirlenmesi
4. Herbir aktivitenin ve alt prosesin akışlarının belirlenmesi
5. Prosesin akış şeması

Proses ölçüleri ve Kontrol Noktaları: Proses tanımlanması ve belirlenmesinden sonra, proses analiz takımı gelişim ve analiz çalışmalarının hedef ve amacını gözden geçirmelidir. Her bir hedef maliyet azaltma, kalite geliştirme veya çizelgeleme gibi bir tema üzerinde kısa ve ölçülebilir olmalıdır. Amaçlar, dökümanite edilmiş ve tüm takım üyelerince kabul ve anlaşılmış olmalıdır. Amaçların açıklanmasına yardım edecek bazı sorular:

- Hedef, hataları azaltacak mı?
- Hedef, aktiviteleri veya prosesi geliştirecek mi?
- Hedef, kuyrukları azaltacak mı?
- Hedef, maliyetleri azaltacak mı?

Proses analizi için amaç ve hedefler kısaca yazıldıktan ve kararlaştırıldıktan sonra gerekli kontrol noktaları ve proses ölçüleri tanımlanmalıdır. Müşteri ihtiyaçlarından türetilen ölçüler, kesin ve kolay anlaşılır olmalıdır.

Proses Ölçümü: Kritik proses elemanları ve proses ölçüleri aşağıdaki 5 adımla bulunabilir.

1. Proses çıktı gereksinimlerinin incelenmesi
2. Proses girdi gereksinimlerinin belirlenmesi
3. Tüm proses elemanlarının incelenmesi
4. Proses elemanlarının ölçülerinin tarifi
5. Kontrol noktaları ve ölçülerinin tarifi

Prosesin girdi, çıktı ve herbir kritik proses elemanı için seçilen ölçüler ile proses analizinin hedef ve amacı arasında mantıklı bir ilişki olmalıdır.

Bu değerler hesaplanırken gözönüne alınan faktörler:

- Kalite
- Maliyet
- Çizelgeleme
- Garanti dönüşümleri
- Rededilme oranı
- Iskarta maliyeti
- İş aktivitelerinin tamamlanma zamanı

Proses verilerinin elde edilmesi: Prosesin kritik ölçüleri ve kontrol noktaları tanımlandıktan sonra, bu noktalardan veri toplamak gerekir.

Proses Analizi: Öncelik ve fırsatların belirlenmesinden sonra, mali, kalite ve çizelgeleme etkileri gözönüne alınarak karar verilebilir. Bu üç adımda gerçekleştirilir.

1. İstatistiksel tekniklerle veri analizi
2. Performans ve gereksinimlerin karşılaştırılması
3. Seçilen elemanlara ileri analizler yapılması

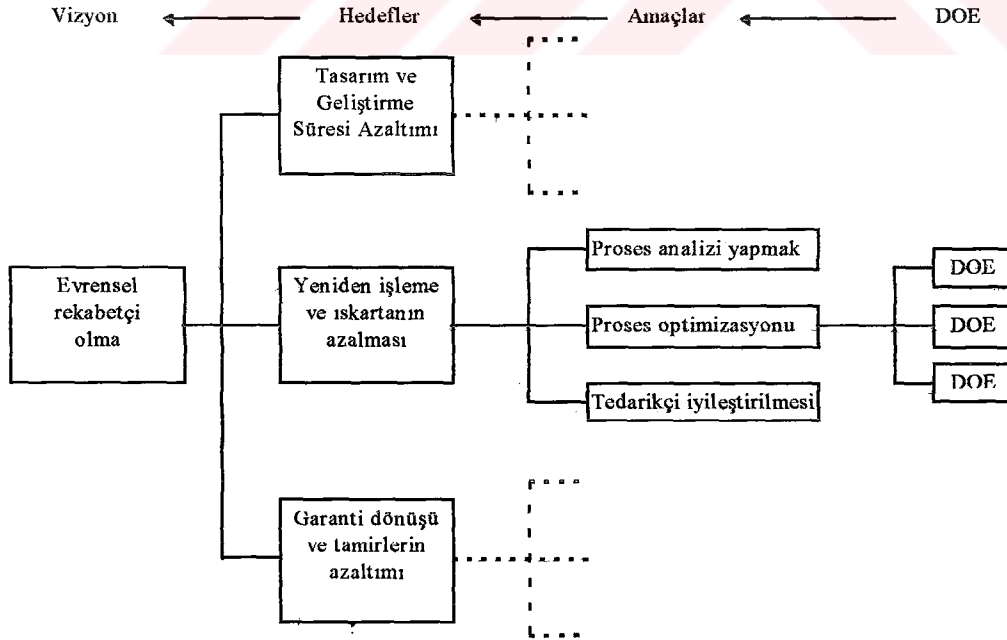
5.4.3.2 Deneyin Tanımlanması

Müşteri isteklerini tam olarak anladıktan sonra bunları ürün, hizmet ve prosesimizle nasıl birleştireceğiz. Deneysel tasarımı nasıl yapacağız ve deney sonuçlarını nasıl değerlendireceğiz. DOE genelde kaynak yoğun aktivitelerdir, bu yüzden organizasyonu nasıl etkileyeceği bilinmeksizin asla uygulanmaz. Organizasyonun vizyonundaki gelişmenin tanımlanması DOE prosesinde önemli bir noktadır.

DOE ile neyi başarmaya çalışıyoruz? Bu kolay bir soru gibi gözükmemektedir tabiki “iyileştirme”. Ayrıca ürün, hizmet ve prosesimizin çok alt seviyelerinden de haberdar olmamızı sağlar.

Hedef ve Amaçlar

Hedefler, vizyonumuza ulaşabilmek için istenilen sonuçlardır. Amaçlar ise, hedeflere ulaşabilmek için yapılması gereken detaylardır. Şekil 5.14, vizyon, hedef ve amaçları bir arada göstermektedir.



Şekil 5.14 Deneylerin, işletme amaç, hedef ve vizyonları üzerindeki yeri (FRIGON & MATHEWS, 1997)

5.4.3.3 Deneyin Planlanması

Bu aşama, deneysel tasarımın mutlaka olması gereken bir aşamasıdır. Deneysel tasarımın planı için en gerekli üç bileşeni vardır.

- Detaylı iş tasnifi ve analizi (WBS-Work Breakdown Structure)
- Zaman
- Kaynak Tahmini

İş analizi ve tasnifi (WBS)

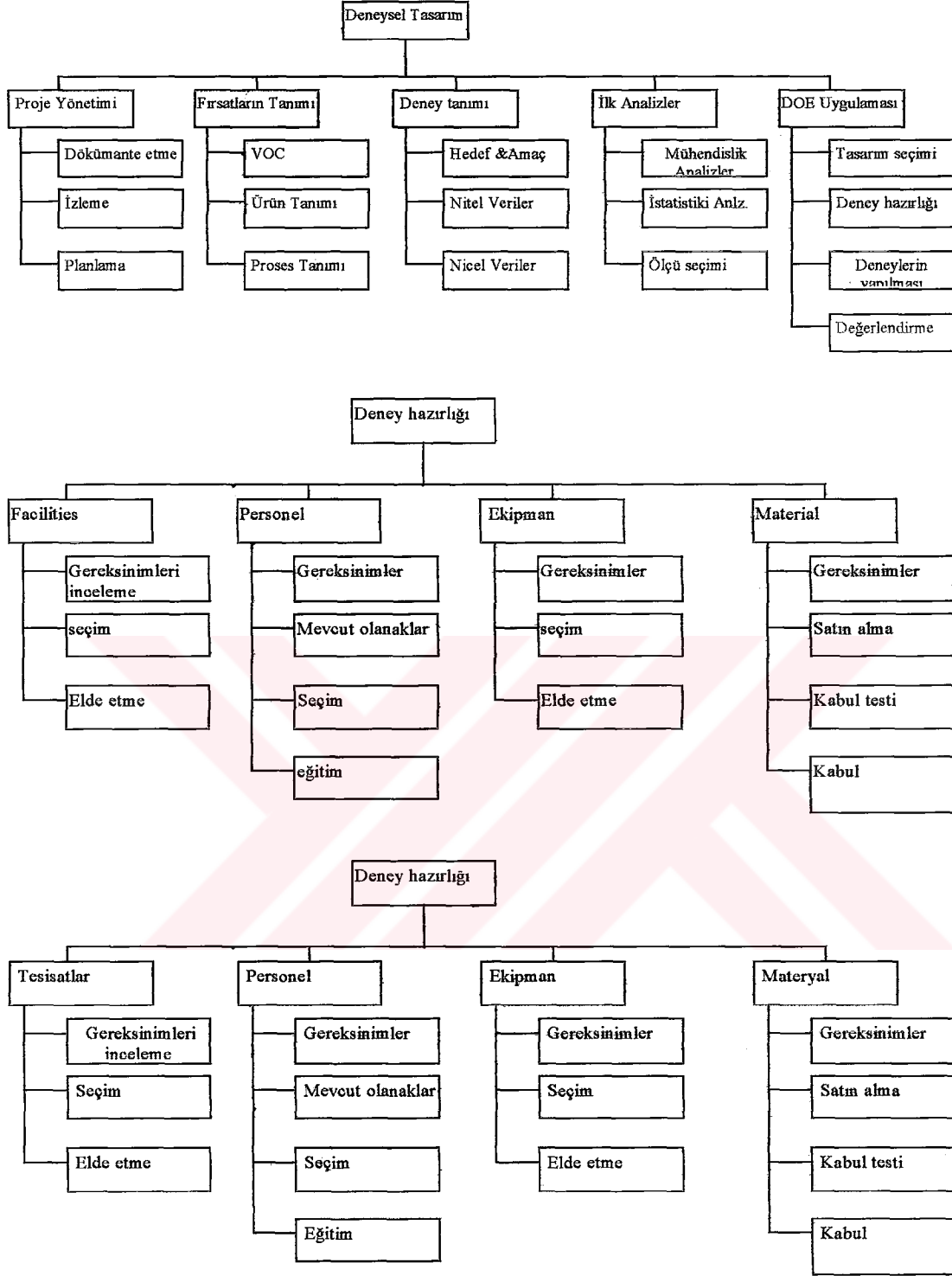
Deneysel tasarımın planlanmasının ilk adımı iş tasnifi ve analizidir. Deneysel tasarımda kullanılacak olan fonksiyonel alanların, malzemelerin, ekipmanların, işgücünün tahmini maliyetlerini içerir. WBS, tasarım ve geliştirme prosesini izlemeye, planlamaya ve yönetmeye yarayan bir taslaktır. WBS akış şemaları, Gantt diyagramı ve birçok yönetim tekniğini içerir.

WBS, Tablo 5.2’de görüldüğü gibi 3 seviyelidir. Projenin karmaşıklığına ve organizasyonun yapısına göre seviye sayısı değişebilir. Bu üç seviyenin herbiri daha detaylı olarak Şekil 5.15’de.

Tablo 5.2 WBS seviyeleri (FRIGON & MATHEWS, 1997)

Seviye	Fonksiyon	Tarif
1	Proje Seviyesi (project level)	Tüm fonksiyonel alanlar, tasarım ve geliştirme projesinin toplamından oluşur
2	Fonksiyonel Seviye (Functional level)	Projenin herbir fonksiyonel alanı için gereken tasarım ve geliştirme kaynaklarının tarifi
3	İş seviyesi (Task level)	Herbir fonksiyonel alanda uygulanacak özel iş elemanlarının tarifi

1.seviye WBS, tasarım ve geliştirme projesindeki tüm tanımları içermektedir.
2.seviye WBS ise, spesifik departmanlar ve proje elemanları yer almaktadır.
3.seviye WBS , 2.seviyede yer alan konuların daha detaylı alt işlemleriyle gösterilmesinden oluşur. Bazı durumlarda bu yapı çok geniş ve hantal olabilir fakat WBS karar vermek için bir temeldir.



Şekil 5.15 Tipik WBS Seviyeleri (FRIGON & MATHEWS, 1997)

Bu tablolar, Gantt diyagramına yerleştirilerek, maliyet ve sarfiyatlar tahmin edilebilir. Bu sistem yönetim fonksiyonları (bütçe, başabaş analizi ve proses analizi) ile kalite, maliyet ve çizelgeleme (QSS) arasındaki ilişkinin kolayca koordine edilmesini sağlar.

5.5 VARYANS ANALİZİ (ANOVA-Analysis of Variance)

Sürekli geliştirme için, ürün veya prosesdeki değişkenliğin azaltılması gerekir. Bunun içinse hangi parametrelerin ürün veya prosesin performansını etkilediğinin belirlenmesi gerekir. Bunun bulunması için deneyler yapılır.

İlk kez FISHER tarafından kullanılan ANOVA'da, deneye tabi tutulan parça gruplarının ortalama performansları arasındaki farklar araştırılır

5.5.1 Yönsüz ANOVA

İstatistik kitaplarında pek yer almayan yönsüz ANOVA'dan, varyans analizinin sistematığının anlaşılması için bahsedilecektir.

5.5.1.1 Kareler Toplamı

Aşağıdaki örnek üzerinde açıklanmıştır.

Örnek: (ROSS,1988) Bir mühendisin, cam yıkayıcı pompalardaki akış hızını ölçmek üzere bir üretim hattında görevlendirildiği varsayılmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda pompalar ile akış hızları Tablo 5.3'de verilmiştir.

Tablo 5.3 Akış Hızları

Pompa No	1	2	3	4	5	6	7	8
Akış Hızı (oz)	5	6	8	2	5	4	4	6

1 oz=0.473 ml/sn

Varyans analizi, toplam varyasyonu (değişim) bileşenlerine ayıran matematiksel bir tekniktir ve yönsüz ANOVA, toplam varyasyonu sadece iki bileşene ayırır. Bunlar,

1. Tüm veri noktalarının sıfıra göre ortalamasının varyasyonu
2. Her bir veri noktasının ortalama etrafındaki varyasyonu (genelde deneysel hata olarak bilinir)

Hesaplamaları yaparken aşağıdaki semboller kullanılacaktır.

y Gözlemler, sonuçlar, veriler

y_i i.gözlem, sonuç veya veri

- N Toplam Gözlem Sayısı
T Tüm Gözlemlerin Toplamı
 $\bar{T}$ Tüm Gözlemlerin Ortalaması

Bu örneğimiz için N=8, T=40 oz/sn

$$\bar{T} = \frac{40}{8} = 5.0 \text{ oz / sn 'dir.}$$

Toplam varyasyonların kareleri toplamı (SS_T),

$$SS_T = \sum_{i=1}^N y_i^2$$

$$SS_T = 5^2 + 6^2 + 8^2 + 2^2 + 5^2 + 4^2 + 4^2 + 6^2$$

$$SS_T = 222 \text{ olarak bulunur.}$$

Ortalamaya göre kareler toplamı SS_m aşağıdaki gibi bulunur.

$$SS_m = N(\bar{T})^2$$

$$\bar{T} = \frac{T}{N} \text{ olduğundan,}$$

$$SS_m = N\left(\frac{T}{N}\right)^2 = \frac{T^2}{N},$$

$$SS_m = \frac{40^2}{8} = 200 \text{ olur.}$$

Hataya göre varyasyon, hata kareleri toplamı SS_e 'dir. Bu ayrıca, açıklanamayan değişme olarak da adlandırılır. Ortalamadan sapmalar hata olarak kabul edilir ve buna göre ,

$$SS_e = \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2$$

$$SS_e = (5-5)^2 + (6-5)^2 + (8-5)^2 + (2-5)^2 + (5-5)^2 + (4-5)^2 + (4-5)^2 + (6-5)^2$$

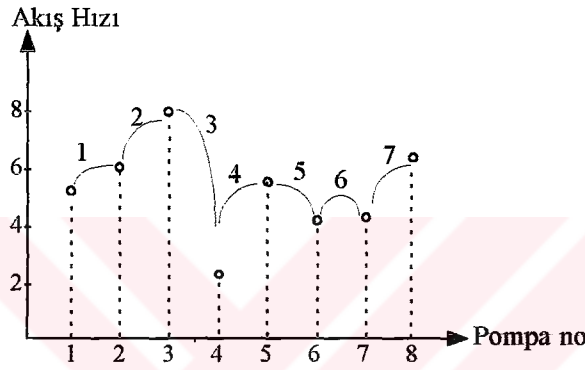
$$SS_e = 22 \text{ olarak bulunur.}$$

ANOVA'nın genel bir özelliği olarak, toplam varyasyonların kareleri toplamı, ortalamaya göre kareler toplamı ile hata kareleri toplamına eşittir.

$$SS_T = SS_m + SS_e$$

5.5.1.2 Serbestlik Derecesi

Verilede yapılabilen her bağımsız karşılaştırmaya 1 serbestlik derecesi uygundur. Örneğin 8 gözlem için verilerdeki varyasyonu tahmin edebilmek için 7 bağımsız karşılaştırma yapılabilir. Bu karşılaştırma Şekil 5.16'da görülmektedir.



Şekil 5.16 Serbestlik Derecesi

5.5.1.3 Hataya Göre Varyans

ANOVA'dan hesaplanabilecek bir diğer tanımlayıcıda varyanstır (v). Hata varyansı, sadece varyans olarak bilinir. Hata varyansı, hata kareleri toplamının, hatalara ilişkin serbestlik derecesine bölünmesi ile elde edilir. Örnek için,

$$v = \frac{SS_e}{v_e}$$

$$v = \frac{22}{7} = 3.14 \text{ olur.}$$

Standart sapma, varyansın kareköküne eşit olmasından dolayı

$$S = \sqrt{v}$$

$$S = \sqrt{3.14} = 1.77' \text{ dir.}$$

5.5.2 Tek Yönlü ANOVA

Tek yönlü ANOVA, ürün ve proses performansına bağlı, kontrol edilebilen bir parametrenin etkisini dikkate alır. Örneğin, iki tedarikçiden gelen hammaddelerin kalitesinin veya aynı ürünü üreten prosesler arasındaki farkların test edilmesi amacıyla kullanılabilir.

Örnek: (ROSS, 1988) Bir mühendis, arabanın silecek pompasındaki akışkanın hızı ile incelemeler yapmaktadır. Hız yavaş ise akışkan pompadan damlalar halinde çıkmakta, hız çok yüksek ise sileceklere uygun dağılmamaktadır. Uygun akış hızını bulmak amacıyla, 3 farklı delik alanı için deneyler yapılmasına karar verilmiştir. Buna göre,

Delik alanlarını göstermek üzere üç ayrı test için A değerleri aşağıdadır.

A_1 = Delik alanı için birinci seviye (0.0015 in^2)

A_2 = Delik alanı için ikinci seviye (0.0030 in^2)

A_3 = Delik alanı için üçüncü seviye (0.0045 in^2)

Kullanılan semboller ve kısaltmalar ise aşağıdaki gibidir.

$A_j = A_i$. Seviyesi için gözlemlerin toplamı,

$\bar{A}_i = \frac{A_i}{n}$ gözlemlerin ortalaması,

T: Tüm gözlemlerin toplamı,

$\bar{T} = \frac{T}{N}$, tüm gözlemlerin ortalaması,

A_{Aj} = A_j seviyesi altındaki gözlem sayısı,

N: Gözlemlerin toplam adedi

k_A =A faktörünün seviyelerinin sayısı,

Herbir delik alanına göre toplam 12 adet pompa test edilerek Tablo 5.4'de ki veriler bulunmuştur.

Tablo 5.4 Test Verileri

Seviye	Alan (inç ²)	Hız (ft/sn)				Toplam
A ₁	0.0015	2.2	1.9	2.7	2.0	8.8
A ₂	0.0030	1.5	1.9	1.7	Bozuk	5.1
A ₃	0.0045	0.6	0.7	1.1	0.8	3.2
		TOPLAM				17.1

Yukarıdaki verilere göre,

$$A_1=8.8 \text{ ft/sn ve } n_{A_1} = 4 \rightarrow \bar{A} = 2.2 \text{ ft/sn}$$

$$A_2=5.1 \text{ ft/sn ve } n_{A_2} = 3 \rightarrow \bar{A} = 1.7 \text{ ft/sn}$$

$$A_3=3.2 \text{ ft/sn ve } n_{A_3} = 4 \rightarrow \bar{A} = 1.6 \text{ ft/sn}$$

$$T=17.1 \text{ ft/sn ve } N=11 \quad \bar{T} = 1.6 \text{ ft/sn}$$

$k_A=3$ 'dür.

Hesaplamaları yapmak için ortalamayı içeren veya ortalamayı içermeyen 2 yöntem kullanılabilir. Bu örnek için ortalamayı içeren yöntem kullanılmıştır. Buna göre toplam varyasyon,

$$SS_T = \sum_{i=1}^N y_i^2$$

$$SS_T = 2.2^2 + 1.9^2 + \dots + 1.1^2 + 0.8^2$$

$$SS_T = 31.190 \text{ olarak bulunur.}$$

Ortalamaya göre varyasyon,

$$SS_m = N(\bar{T})^2 = \frac{T^2}{N}$$

$$SS_m = \frac{17.1^2}{11} = 26,583 \text{ olur.}$$

A faktörüne göre varyasyon ise,

$$SS_A = n_{A_1}(\bar{A}_1 - \bar{T})^2 + n_{A_2}(\bar{A}_2 - \bar{T})^2 + n_{A_3}(\bar{A}_3 - \bar{T})^2$$

$$SS_A = 4.(2.2 - 1.6)^2 + 3.(1.7 - 1.6)^2 + 4.(0.8 - 1.6)^2$$

$$SS_A = 4.03$$

Hataya göre varyasyon ise,

$$SS_e = \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{i=1}^{n_{A_j}} (y_{ij} - \bar{A}_j)^2$$

$$SS_e = (2.2 - 2.2)^2 + (1.9 - 2.2)^2 + \dots + (0.8 - 0.8)^2$$

$$SS_e = 0.6$$

Toplam varyasyonu oluşturan bileşenler bulunmuş olur. Bu yöntem için serbestlik derecesi ise,

$$V_T = V_m + V_A + V_e$$

$$V_T = N = 11$$

$$V_A = k_A - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$V_e = 11 - 1 - 2 = 8 \text{ dir.}$$

Hesaplanan bu değerleri, Tablo 5.5’de ANOVA tablosunda gösterebiliriz.

Tablo 5.5 ANOVA Tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı (SS)	Serbestlik dereceleri	V
ortalama	26.583	1	26.583
A	4.007	2	2.004
hata	0.600	8	0.75
Toplam	31.190	11	

Bu tabloda görülmektedir ki, birey varyansı için iki bağımsız tahmin değeri bulunmuştur ve bunlar birbirinden farklı gözükmemektedir.

5.5.3 F testi ile Varyansların Karşılaştırılması

Fisher tarafından geliştirilen F testi, örnek varyanslarının oranı olarak ifade edilir.

Bu oran yeteri kadar büyük olduğunda, belirli bir güven seviyesindeki örnek varyansının birbirinden farklı olduğu kabul edilir.

$$F = \frac{S_{y_1}^2}{S_{y_2}^2} = \frac{2.004}{0.75} = 2.672$$

Hesaplanan bu F değeri ile, kritik F değeri olarak isimlendirilen ve 3 parametreye bağlı olarak standart tablolardan bulunan değer karşılaştırılır.

Örneğimiz için Kritik F değeri, α güven aralığı %90 olmak üzere, $F_{0.1,2,8} = 3.11$ olarak bulunur.

Eğer $F_{\text{pratik}} < F_{\text{tablo}}$, ise örnek varyanslarının aralarında anlamlı bir fark olmadığı kabul edilir. Tersine olması durumunda, örnek varyansları arasında anlamlı bir fark vardır denir.

Örneğimiz için, $2.672 < 3.11$ olduğundan dolayı, her iki varyans kestirimi arasında anlamlı bir fark yoktur. Yani, delik alanlarının değiştirilmesinin akış hızını değiştirdiğine yönelik, %90 güven seviyesinde yeterli istatistik yoktur.

5.5.4 İki Yönlü ANOVA

Bu durumda iki kontrol parametresi vardır. Örneğin A faktörünün 2 seviyesi, B faktöründe 2 seviyesi, varsa, bu iki faktörün birbirinden farklı 4 kombinasyonu vardır.

Örnek: (ENGİN,1997)

Piston üretimi yapan bir döküm atölyesinde; piston sertliğini etkileyen iki ayrı faktör, magnezyum ve bakır oranlarıdır. Bu faktörler üzerinde bazı deneyler yapılmıştır. Buna göre,

A faktörü: Bakır Oranı (%) 3.5 - 4.5

B faktörü: Magnezyum Oran(%) 1.2-1.8 arasında değişmektedir.

Bu radan anlaşılmaktadır ki, deneyimizin iki faktörü ve her bir faktöründe iki seviyesi vardır. Bunlar, A_1B_1 , A_1B_2 , A_2B_1 , A_2B_2 durumlarıdır.

Yukarıdaki 4 ayrı durum için pistonlar üretilmiş ve seçilen 4 tanesi için Tablo 5.6'daki veriler elde edilmiştir.

Tablo 5.6 İki Faktörlü ANOVA verileri

	B ₁	B ₂
A ₁	76.78	73.74
A ₂	77.78	79.80

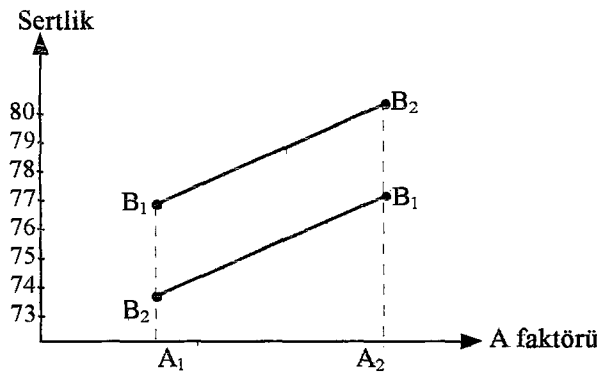
Bu tablodaki veriler kullanılarak, A faktörünün etkisi, A'nın ikinci seviyesi ortalamasından birinci seviye ortalamasının çıkartılmasıyla bulunur.

$$A = \frac{77.78 + 79.80}{2} - \frac{76.78 + 73.74}{2} = 3.53$$

A faktörünün 1. Seviyeden 2. Seviyeye çıkartılması durumunda, piston sertliğinde ortalama 3.53 birimlik bir değişim gözlenmektedir. Aynı hesaplamayla B faktörünün etkisi, 1.51 olarak hesaplanır.

Ayrıca, bu iki faktörün iki ayrı seviyesi arasındaki değişimlerde hesaplanmalıdır. B faktörünün birinci seviyesi için A'nın etkisi, $77.78 - 76.78 = 1$, ve B faktörünün ikinci seviyesi için A'nın etkisi, $79.80 - 73.74 = 6.06$ olur.

A faktörü ile B faktörü arasındaki etkileşim, Şekil 5.17'de gösterilmiştir. Şekildeki B₁B₂ doğrusu ile B₂B₁ doğrusu hemen hemen birbirine paraleldir. Bu durum, aralarında herhangi bir etkileşim olmadığını ifade etmektedir.



Şekil 5.17 A faktörünün Etkileşimsiz Değişimi

Faktör tasarımının faydası, deneylerimizin etkileşimli parametreler ile yapılmasını sağlamaktır.

5.5.4.1 İki Yönlü ANOVA'da Kareler Toplamı

Örnek: (ENGİN, 1997)

Beliri sıcaklık değerleri altında (15, 70 ve 125 °F), pillerin dayanma sürelerinin (saat olarak) belirlenmesi için bir dizi deney yapılmıştır. Üç ayrı malzemedan yapılan pillerin sıcaklık derecelerindeki dayanım sürelerine ait deney sonuçları Tablo 5.7'de gösterilmiştir. Parantez içindeki değerler, hücre toplamalarını vermektedir.

Tablo 5.7 Test Verileri

Malzeme Tipi	15 °F	70 °F	115 °F	Toplam(Yi)
1	130 155 74 180 (539)	34 40 80 75 (229)	20 70 82 58 (230)	998
2	150 188 159 126 (623)	136 122 106 115 (479)	25 70 58 45 (198)	1300
3	138 110 168 160 (576)	174 120 150 139 (583)	96 104 82 60 (342)	15014
TOPLAM	1738	1291	770	3799

Varyansların toplamı,

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^N Y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

$$SS_T = (130^2 + 155^2 + \dots + 60^2) - (3799^2/36) = 77,646.97$$

Malzemelerin varyansı,

$$SS_M = \left[\sum_{i=1}^{k_M} \left(\frac{M_i^2}{n_{m_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

n_{mi} : 3 malzeme ve her bir mazleme için 4 deney yapılmıştır.

$$SS_M = \frac{998^2 + 1300^2 + 1501^2}{(3).(4)} = 10,683.72$$

Sıcaklık değerinin varyansı,

$$SS_s = \frac{1738^2 + 1291^2 + 770^2}{(3).(4)} - \frac{3799^2}{36} = 39,118.72$$

Malzeme ile sıcaklıkların etkileşimlerinin varyansı (MxT),

$$SS_{(MxT)} = \left[\sum_{i=1}^c \frac{(MxS)_i^2}{n_{MxSi}} \right] - \frac{T^2}{N} - SS_M - SS_s$$

$$SS_{(MxT)} = \frac{539^2 + 229^2 + \dots + 342^2}{4} - \frac{3799^2}{36} - 10,683.72 - 39,118.72$$

$$SS_{(MxT)} = 9,613.78$$

Etkileşimli 9 hücre olduğundan c=9'dur.

Bu hesaplamalar sonucunda, hata varyansı,

$$SS_E = SS_T - SS_M - SS_s - SS_{MxT}$$

$$SS_E = 77,646.97 - 10,683.72 - 39,118.72 - 9,613.78 = 18,230.75 \text{ bulunur.}$$

5.5.4.2 İki Yönlü ANOVA'da Serbestlik Dereceleri

Deneyin A ve B gibi iki faktörden oluştuğunu kabul edersek, serbestlik dereceleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{Toplam Serbestlik Derecesi: } V_T = V_A + V_B + V_{AxB} + V_E \text{ veya } V_T = N - 1$$

$$\text{A faktörü için serbestlik derecesi, } V_A = k_A - 1$$

$$\text{B faktörü için serbestlik derecesi, } V_B = k_B - 1$$

$$\text{AxB etkileşiminin serbestlik derecesi, } V_{AxB} = V_A \cdot V_B$$

$$\text{Hata için serbestlik derecesi ise, } V_E = V_T - V_A - V_B - V_{AxB} \text{ ile bulunur.}$$

Örneğimiz için serbestlik dereceleri,

$$V_T = 36 - 1 = 35; V_A = 3 - 1 = 2; V_B = 3 - 1 = 2; V_{AxB} = 2 * 2 = 4; V_E = 35 - 2 - 2 - 4 = 27$$

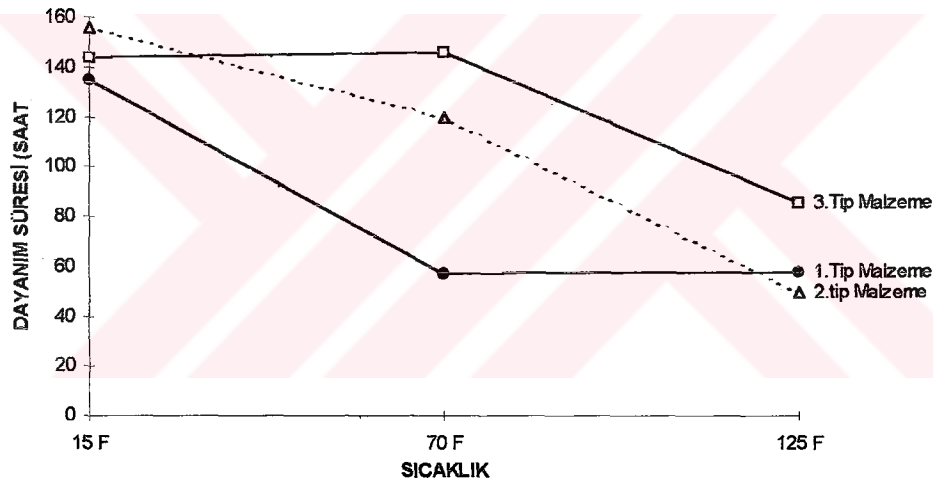
Örneğimiz için yukarıdaki hesaplanan değerler sonucunda oluşan ANOVA tablosu aşağıdadır (Tablo 5.8).

Tablo 5.8 ANOVA tablosu

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F ₀
Malzeme	10,683.72	2	5,341.86	7.91
Sıcaklık	39,118.72	2	19,558.36	28.97
Etkileşimli	9,613.78	4	2,403.44	3.56
Hata	18,230.75	27	675.21	
Toplam	77,646.97	35		

$$F_{\text{PRATİK}} = \frac{9,613.78}{18,230.75} = 0.5273 \text{ ve kritik F değeri } F_{0.05;4;27} = 2.73 \text{ dır.}$$

$F_{\text{KRİTİK}} > F_{\text{PRATİK}}$ olduğundan dolayı varyanslar arasında anlamlı bir fark vardır. Şekil 5.18’de, pil sürelerinin sıcaklık değişimine göre değişimi grafik üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 5.18 Pil Dayanımının Sıcaklık ve Malzeme Tipine Göre Değişimi

Grafikten de anlaşıldığı gibi, sadece 3.tip malzemeden üretilen pillerde, sıcaklık artarken dayanma süreside artmaktadır. Diğer iki tip malzemeden üretilen pillerde sıcaklık arttıkça dayanma süreside sürekli azalmıştır.

5.4.5 Üç Yönlü ANOVA

Bu deneyde, kontrol edilebilir üç ayrı faktör vardır ve bu nedenle üç yönlü ANOVA kullanılır.

5.5.5.1 Üç yönlü ANOVA’da Kareler Toplamı

A, B ve C olmak üzere üç ayrı kontrol edilebilir faktör var ise kareler toplamı,

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_C + SS_{A \times B} + SS_{A \times C} + SS_{B \times C} + SS_{A \times B \times C} + SS_E \text{ olur.}$$

Toplam varyasyon ise, aşağıdaki ifade ile bulunur.

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^N Y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N}$$

Örnek: (ENGİN,1997)

İki seviyeli ve üç faktörlü deney verileri Tablo 5.9’da verilmiştir.

Tablo 5.9 Deney Verileri

	A ₁		A ₂			Σ
B ₁	1	3	7	9	C ₁	48
	3	5	8	12	C ₂	
B ₂	4	8	10	12	C ₁	86
	10	14	12	16	C ₂	
B ₃	6	8	11	13	C ₁	98
	13	15	15	17	C ₂	
Σ	90		142			

A faktöründen dolayı meydana gelen varyasyon,

$$SS_A = \frac{(A_1 - A_2)^2}{N} = \frac{(90 - 142)^2}{24} = 112.667$$

B faktöründen dolayı meydana gelen varyasyon,

$$SS_B = \frac{B_1^2}{n_{B_1}} + \frac{B_2^2}{n_{B_2}} + \frac{B_3^2}{n_{B_3}} - \frac{T^2}{N} = \frac{48^2}{4 \times 2} + \frac{86^2}{4 \times 2} + \frac{98^2}{4 \times 2} - \frac{232^2}{24}$$
$$SS_B = 170.333$$

C faktöründen dolayı meydana gelen varyasyon,

$$SS_C = \frac{(C_1 - C_2)^2}{N} = \frac{(92 - 140)^2}{24} = 96.0 \text{ bulunur.}$$

Etkileşimlerin varyasyonlarının bulunması için verilerin düzenlenmesi gerekir. Tablo 5.10'da AxB, AxC ve BxC etkileşimleri için düzenlenen veriler bulunmaktadır.

Tablo 5.10 Etkileşimlere ait veriler

AxB etkileşimi			AxC etkileşimi			BxC etkileşimi		
	A ₁	A ₂		A ₁	A ₂		B ₁	C ₁
B ₁	12	36		30	62	C ₁	20	C ₂
B ₂	36	50		60	80	C ₂	34	C ₁
B ₃	42	56	122			110	52	C ₂
							B ₃	C ₁
							38	C ₂
							60	

A ve B faktörlerinin etkileşiminin varyasyonu,

$$SS_{AxB} = \left[\sum_{i=1}^c \left(\frac{(AxB)_i^2}{n_{AxB_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = \frac{12^2 + 36^2 + 36^2 + 50^2 + 42^2 + 56^2}{4} - \frac{232^2}{24} - 112.667 - 170.333 = 8.33$$

A ve C faktörlerinin etkileşiminin varyasyonu,

$$SS_{AxC} = \frac{(122 - 110)^2}{24} = 6.00$$

B ve C faktörlerinin etkileşimlerinin varyasyonu,

$$SS_{BxC} = \frac{20^2 + 28^2 + 34^2 + 52^2 + 38^2 + 60^2}{4} - \frac{232^2}{24} - 170.333 - 96.00 = 13.00$$

A, B ve C faktörlerinin etkileşimlerinin varyasyonlarının bulunması için düzenlenen veriler Tablo 5.11'dedir.

Tablo 5.11 Üç faktörün etkileşimlerinin verileri

	A ₁	A ₂	
B ₁	4	16	C ₁
	8	20	C ₂
B ₂	12	22	C ₁
	24	28	C ₂
B ₃	14	24	C ₁
	28	32	C ₂

$$SS_{AxBxC} = \left[\sum_{i=1}^c \left(\frac{(AxBxC)_i^2}{n_{(AxBxC)_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AxB} - SS_{AxC} - SS_{BxC}$$

$$SS_{AxBxC} = \frac{4^2 + 16^2 + \dots + 32^2}{2} - 112.667 - 170.333 - 96.00 - 8.333 - 6.00 = 3.00$$

Bulunan bu değerler kullanılarak, hata varyasyonu aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{AxB} - SS_{AxC} - SS_{BxC} - SS_{AxBxC}$$

$$SS_E = 48$$

5.5.5.2 Üç yönlü ANOVA'da Serbestlik Derecesi

$V_T = V_A + V_B + V_{AxB} + V_E$ veya $V_T = N - 1$ 'dir. Örneğimiz için her faktörün serbestlik dereceleri şöyledir.

$$V_T = 24 - 1 = 23;$$

$$V_A = k_A - 1 = 2 - 1 = 1;$$

$$V_B = k_B - 1 = 3 - 1 = 2,$$

$$V_C = k_C - 1 = 2 - 1 = 1,$$

$$V_{AxB} = (V_A) \cdot (V_B) = 2,$$

$$V_{AxC} = (V_A) \cdot (V_C) = 1,$$

$$V_{BxC} = (V_B) \cdot (V_C) = 2,$$

$$V_{AxBxC} = (V_A) \cdot (V_B) \cdot (V_C) = 2 \text{ ve bunlara göre hatanın serbestlik derecesi ise,}$$

$$V_e = V_T - V_A - V_B - V_C - V_{AxB} - V_{AxC} - V_{BxC} - V_{AxBxC} = 23 - 1 - 2 - 1 - 2 - 1 - 2 - 2 = 12 \text{ olur.}$$

Tüm hesaplanan değerlere göre, aşağıdaki ANOVA tablosu elde edilmiş olur (Tablo 5.12).

Bu tabloya göre, büyük olan F değerlerine ait faktörler yani A, B ve C faktörlerinin etkileri büyüktür.

Tablo 5.12 Üç Yönlü ANOVA Sonuç Tablosu

Faktörler	SS	S. Derecesi	V	F
A	112.67	1	112.667	28.17
B	170.33	2	85.167	21.29
C	96.00	1	96.00	24.00
AxB	8.00	2	4.167	1.04
AxC	6.00	1	6.00	1.50
BxC	13.00	2	6.50	1.63
AxBxC	3.00	2	1.50	0.38
e	48.00	12	4.00	
Toplam	457.00	23		

5.6 İSTATİSTİKSEL DENEY TASARIMI

Mühendisler ürün ve prosesin performansını geliştirmek için deneyler yaparlar. Bu geliştirmelerden biri, ürün veya prosesin performansını etkileyen parametrelerin optimize ya da daha iyi duruma getirilmesidir. Bu parametrelerin bulunması içinde, parametrelerin farklı durumlarında performansın ne olacağına ilişkin testler yapılır.

En basit test planı, her defasında bir parametrenin performans üzerinde etkinliğinin ölçüldüğü durumdur. Bu testlerle sadece o parametrenin ana etkisi bulunabilir. Bu basit yöntemin, özellikle bir çok parametrenin var olduğu ve bu parametrelerin birbirleriyle etkileşim içerisinde olduğu gerçek problemlerde kullanılması düşünülemez.

Bu nedenle deneyler, birden fazla faktör ve bunların farklı seviyeleri için yapılır. Faktör ve seviye sayısı arttıkça yapılacak olan deney sayısı da aşağıdaki gibi artmaktadır.

N: toplam deney sayısı;
n: herbir seviyede yapılan deney sayısı ;
L: seviye sayısı;
k: faktör sayısı olmak üzere

$$N = n.L^k \text{ 'dır.}$$

Genellikle her seviye için 1 deney yapıldığı varsayılır. Aşağıda farklı seviye ve faktörler için yapılması gereken deneylerin ne kadar hızlı attığı görülmektedir.

$$\begin{array}{ll}
2^2 = 4 & 3^2 = 9 \\
2^3 = 8 & 3^3 = 27 \\
2^4 = 16 & 3^4 = 81 \\
2^5 = 32 & 3^5 = 243 \\
2^6 = 64 & 3^6 = 729 \\
2^7 = 128 & 3^7 = 2187
\end{array}$$

5.6.1 Tam Faktör Deneyler (Full Factorial Experiments)

Tam faktörlü deneylerde, ortaya çıkabilecek tüm olası durumlar incelenmektedir. Örneğin yukarıda da görüldüğü gibi, 2 seviyeli ve 3 faktörlü bir düzende 8 farklı bir durum söz konusudur. Daha sonra bu tür deneyler L8 olarak isimlendirilecektir.

Tablo 5.13, 2 seviyeli 3 faktörlü bir deneyin olası tüm durumlarını göstermektedir. “-” sembolü, o faktörün 1. Seviyesini, “+” sembolü ise faktörün 2. Seviyesinde olduğunu gösterir. Etkileşimlerin işareti ise, o etkileşimi oluşturan faktörlerin işaretlerinin çarpımıdır.

Tablo 5.13 2 seviyeli ve 3 faktörlü deney düzeneği

A	B	C	AB	AC	BC	ABC
-	-	-	+	+	+	-
-	-	+	+	-	-	+
-	+	-	-	+	-	+
-	+	+	-	-	+	-
+	-	-	-	-	+	+
+	-	+	-	+	-	-
+	+	-	+	-	-	-
+	+	+	+	+	+	+

Ortogonal düzen ismi verilen bu yapıda, her kolondaki “+” ve “-” işaretlerinin eşit olmasıdır. Bunun anlamı, dengelenmiş bir deney düzeneğinin varlığıdır (FRIGON & MATHEWS, 1997).

Ortogonal düzen aynı zamanda, faktörlerin birbirinden bağımsız olarak değerlendirilebileceğini veya bir faktörün etkisinin, bir başka faktörün etkisinin tahmininde etkili olduğunu belirtir. Aşağıdaki örnek, bu tablonun ne amaçla kullanıldığını göstermek amacıyla açıklanmıştır.

Örnek:

Bir ekmek fırınında, ekmeklerin pişme süresini (Y) etkilediği düşünülen parametreler, (A)fırın sıcaklığı, (B)fırın nemi ve (C) ekmek hamurunda kullanılan un cinsidir.

FAKTÖRLER	1. Seviye	2. Seviye
A	200	250
B	%40	%50
C	1 no'lu un	2 no'lu un

Bu parametrelerin 2 seviyesi vardır ve yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki ortalamalar elde edilmiştir (Tablo 5.14).

Tablo 5.14 Deney Sonuçları Tablosu

Sıra	A	B	C	Y(Pişme Süresi)
1	-	-	-	25
2	-	-	+	21
3	-	+	-	44
4	-	+	+	43
5	+	-	-	38
6	+	-	+	31
7	+	+	-	40
8	+	+	+	36

Bu tablo kullanılarak, A'nın etkisini bulmak için, A kolonu ile gözlem değerlerinin çarpımlarının toplamını “-” ve “+” sayısı olan 4’e bölmemiz yeterlidir.

$$Etki_A = (A.Y)/4 = (-25-21-44-43+38+31+40+36)/4 = 3.0,$$

$$Etki_B = (B.Y)/4 = (-25-21+44+43-38-31+40+36)/4 = 12.0 \text{ olur.}$$

Faktörlerarası etkileşimleri bulmak için de aynı yöntem kullanılır. Bu sefer AB kolunu (AB=A.B’dir) kullanılır.

$Etki_{AB} = (AB.Y)/4 = (+25+21-44-43-38-31+40+36)/4 = -8.5$ olur. Diğer etkileşimler ve C’nin etkisi de aynı yöntemle hesaplanabilir.

DeneySEL tasarımın yaygınlaşması sonucu, deney sonuçlarının yazıldığı ve hesap kolaylığı sağlayan tablolar kullanılmaya başlanmıştır. Tablo 5.15, L8 tipi bir deney tasarımına ait boş hesap tablosudur. EK A’da ise, L16 tipi deney tasarım tablosu yer almaktadır.

Tablo 5.15 L8 Hesap Tablosu

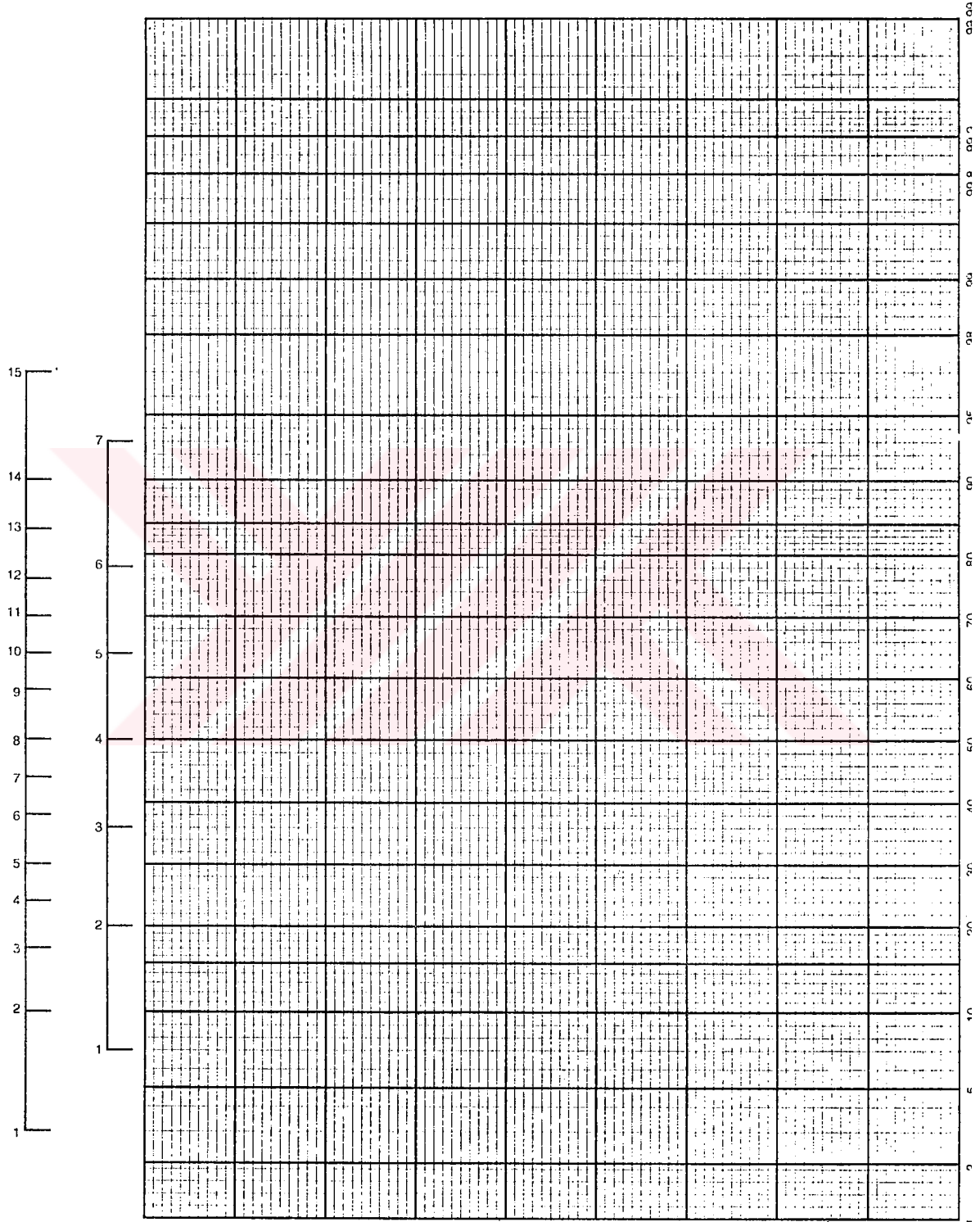
L8 HESAP TABLOSU															
Standart	Y	A		B		C		AB		AC		BC		ABC	
Sıra	Değeri	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
Toplam															
Sayı	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ortalama															
Etki															
Sıra															

Tablo 5.16’da ise, yukarıdaki örnek için bu tablo doldurulmuştur. Analizin bundan sonraki aşaması, etkilerden hangisinin istatistiksel olarak önemli olduğuna karar verme aşamasıdır. Bunu yapmak için normal olasılık grafiği (NOG) yöntemi kullanılır.

Bu yöntemde kullanılan, yatay eksen de etki değerleri, dikey eksen de sıra numaraları olan hazır bir nomogram kullanılır. L8 ve L16 deneyleri için kullanılabilen bu nomogram Şekil 5.19’dadır.

Tablo 5.16 Örnek L8 Hesap Tablosu

L8 HESAP TABLOSU															
Standart	Y	A		B		C		AB		AC		BC		ABC	
Sıra	Değeri	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	25	25		25		25		25		25		25		25	
2	21	21		21		21		21		21		21		21	
3	44	44		44		44		44		44		44		44	
4	43	43		43		43		43		43		43		43	
5	38	38		38		38		38		38		38		38	
6	31	31		31		31		31		31		31		31	
7	40	40		40		40		40		40		40		40	
8	36	36		36		36		36		36		36		36	
Toplam	278	133	145	115	163	147	131	156	122	142	136	136	142	139	139
Sayı	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ortalama	34,75	33,25	36,25	28,75	40,75	36,75	32,75	39,00	30,50	35,50	34,00	34,00	35,50	34,75	34,75
Etki			3,0		12,0		-4,0		-8,5		-1,5		1,5		0,0
Sıra		6		7		2		1		3		5		4	

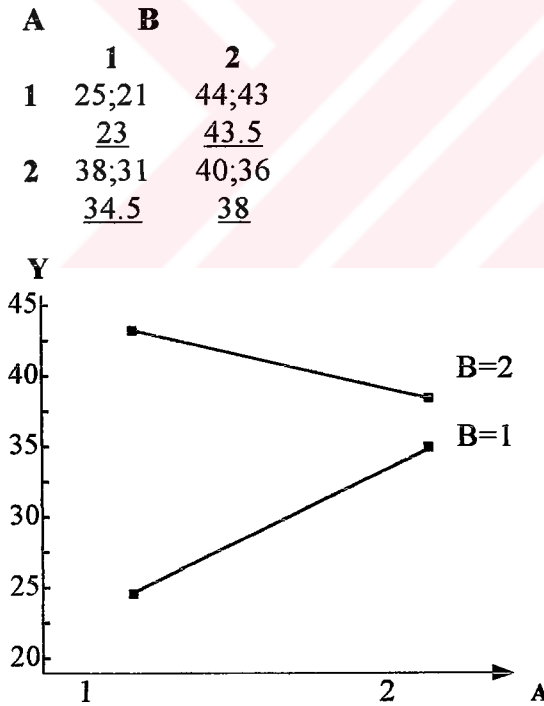


Şekil 5.19 Normal Olasılık Grafiği (NOG) -nomogram

Tablo 5.16’da ki tablonun en altında yer alan etki değerleri bu nomograma işlenecektir. Bunların negatif enbüyüğü 1 olmak üzere sıralanır. Etki değerleri nomograma işlenir ve 0 a en yakın 3 ya da 4 değere göre, bu noktalara uzaklığı en az olan bir doğru çizilir (ŞİRVANCI, 1997).

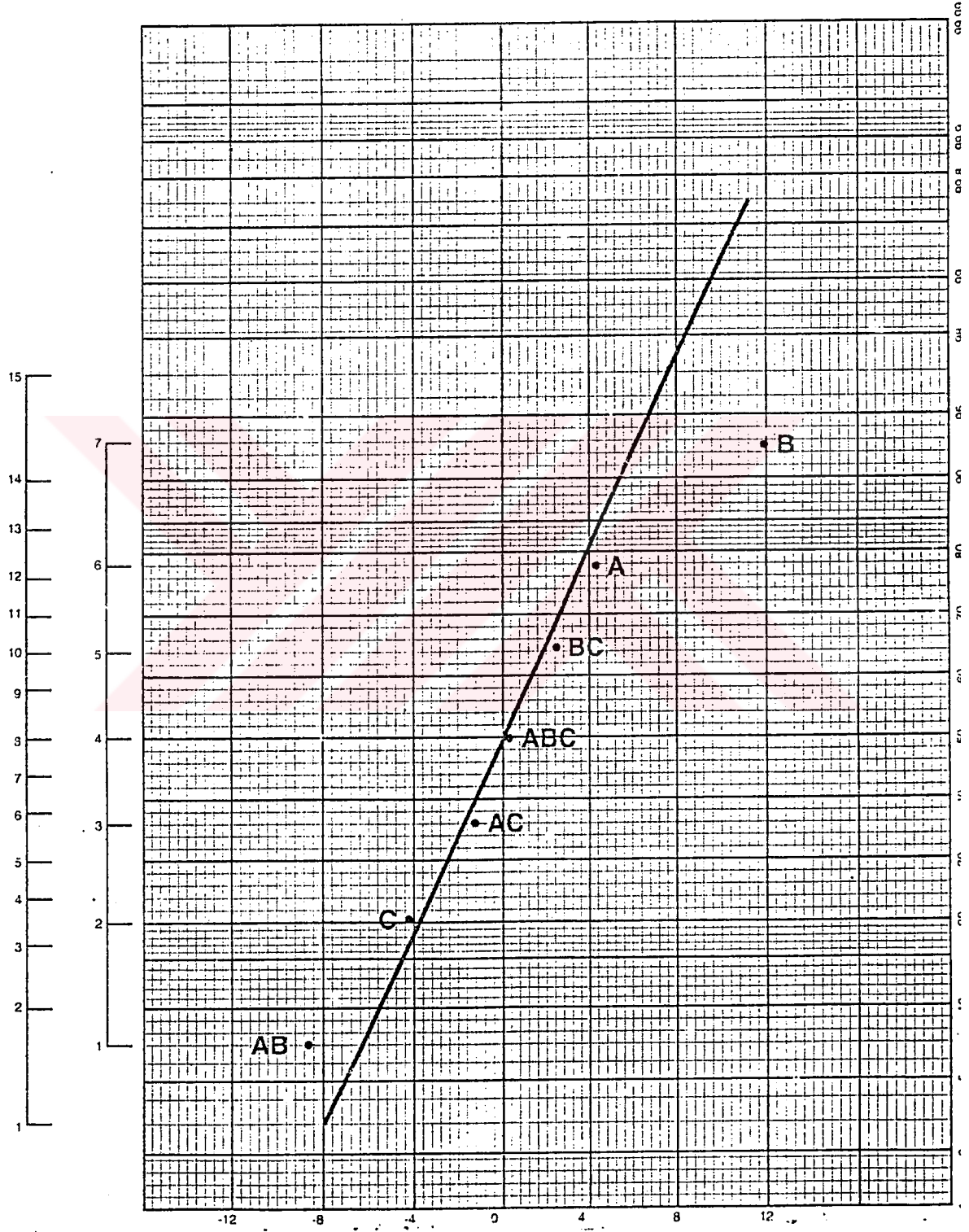
Etkilerin istatistiksel olarak önemi ise bu doğruya göre belirlenir (ANOVA’ya göre; tablonun en sağında yer alan, SS_A/SS_T , vb. “etki ya da mesuliyet (contribution)” değeri kullanılır). Bu doğrudan uzak olan noktalara ait faktörün ya da etkileşimlerin önemli olduğu kararına varılır.

Örneğimiz için çizilen nomogram Şekil 5.21’dedir ve buna göre, B ana etki olarak ve AB’nin de etkileşiminin etkisinin önemli olduğu sonucuna varılır. AB etkileşiminin nasıl oluştuğunu görebilmek için etkileşim grafiği çizilir. Önce, Y gözlem değerleri, A ve B’nin farklı düzeyleri aşağıdaki gibi gruplanır. Altı çizili olan değerler, her grubun ortalamasıdır.



Şekil 5.20 AB etkileşimi

Bu etkileşime göre, Y pişme süresi değişkeninin “en küçük en iyidir”e uygun olduğu gözükmemektedir. Buna göre Y değişkeninin 23 olduğu en küçük değer, A faktörünün 1. Seviyesinde, B faktörünün de 1. Seviyesinde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.21 Normal Olasılık Grafiği

Sonuç olarak, pişme süresinde iyileştirme sağlamak için, fırın sıcaklığı 200 derecede ve fırın nemi ise %50'ye ayarlanmalıdır.

Y'nin beklenen değeri ise aşağıdaki biçimde bulunur:

$$\hat{Y} = \bar{Y} + 0.5 * \sum_{i=1} (j).Etki_i$$

i: istatistiksel olarak etkisi önemli olan faktörler

j: etkisi önemli faktörün seviyesi

Örneğimiz için beklenen Y değeri,

$$\hat{Y} = 34,75 + 0,5.(-).(12) + 0,5.(-).(-8,5)$$

$$\hat{Y} = 33 \text{ olur.}$$

Kullanılan yöntemin aşamaları şu şekilde özetlenebilir.

1. Uygulanan testlerin sonuç verileri L8 veya L16 tablosuna yerleştirilir.
2. Kolon toplamaları hesaplanır ve her kolon için ortalamalar bulunur.
3. Kolonlardaki her 2 seviyeye ait ortolama değerler arasındaki farklar hesaplanır ve etki değeri olarak tabloya yazılır.
4. Etki değerleri cebirsel sıraya sokulur. En küçük değer 1 sayısını alacak şekilde numaralandırılır. Eşit etki değerleri için ortak ve sıra numaralarının ortalaması olan tek değer kullanılabilir.
5. Sıra numaralarına göre etki değerleri normal olasılık grafiğinde işaretlenir.
6. İşaretlenen noktalardan sıfıra yakınlık ve nokta sayısının en az yarısı olmak koşulu ile bu noktalara toplam uzaklığı en küçük olarak geçecek bir doğru çizilir.
7. Bu doğruya uzakta olan (yukarıda doğrunun sağında ve aşağıda doğrunun sağında kalan) noktalar önemli etkisi olan noktalardır. Bunların içinde etkileşimli olanlar varsa ayrıca etkileşimlerini incelemek yararlı olacaktır.

Aynı örneğin, varyans analizi (ANOVA) kullanılarak çözümü ise aşağıdadır.

Tablo 5.17 Deney Verileri

	A ₁	A ₂		Σ
B ₁	26;24	35;41	C ₁	230
	20;22	31;31	C ₂	
B ₂	51;37	41;39	C ₁	326
	39;47	33;39	C ₂	
Σ	266	290		556

$$SS_A = \frac{(A_1 - A_2)^2}{N} = \frac{(266 - 290)^2}{16} = 36.0$$

B faktöründen dolayı meydana gelen varyasyon,

$$SS_B = \frac{B_1^2}{n_{B_1}} + \frac{B_2^2}{n_{B_2}} - \frac{T^2}{N} = \frac{230^2}{4 \times 2} + \frac{326^2}{4 \times 2} - \frac{556^2}{16}$$

$$SS_B = 576.0$$

C faktöründen dolayı meydana gelen varyasyon,

$$SS_C = \frac{(C_1 - C_2)^2}{N} = \frac{(294 - 262)^2}{16} = 64.0 \text{ bulunur.}$$

Etkileşimlerin varyasyonlarının bulunması için verilerin düzenlenmesi gerekir. Aşağıdaki Tablo 5.18’de AxB, AxC ve BxC etkileşimleri için düzenlenen veriler bulunmaktadır.

Tablo 5.18 Etkileşimlere ait veriler

AxB etkileşimi			AxC etkileşimi			BxC etkileşimi		
	A ₁	A ₂		A ₁	A ₂		B ₁	C ₁
B ₁	92	138		138	156	C ₁	126	104
B ₂	174	152		128	134	C ₂	168	158
			284			272		

A ve B faktörlerinin etkileşiminin varyasyonu,

$$SS_{AxB} = \left[\sum_{i=1}^c \left(\frac{(AxB)_i^2}{n_{AxB_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} - SS_A - SS_B$$

$$SS_{AxB} = \frac{92^2 + 174^2 + 138^2 + 152^2}{4} - \frac{556^2}{16} - 36.0 - 576.0 = 289$$

A ve C faktörlerinin etkileşiminin varyasyonu,

$$SS_{A \times C} = \frac{(284 - 272)^2}{16} = 9.0$$

B ve C faktörlerinin etkileşimlerinin varyasyonu,

$$SS_{B \times C} = \frac{126^2 + 104^2 + 168^2 + 158^2}{4} - \frac{556^2}{16} - 576.0 - 64.0 = 9.0$$

A, B ve C faktörlerinin etkileşimlerinin varyasyonlarının bulunması için düzenlenen veriler aşağıdaki Tablo 5.19'dadır.

Tablo 5.19 Üç faktörün etkileşimlerinin verileri

	A ₁	A ₂	
B ₁	50	76	C ₁
	42	62	C ₂
B ₂	88	80	C ₁
	86	72	C ₂

$$SS_{A \times B \times C} = \left[\sum_{i=1}^c \left(\frac{(A \times B \times C)_i^2}{n_{(A \times B \times C)_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{A \times B} - SS_{A \times C} - SS_{B \times C}$$

$$SS_{A \times B \times C} = \frac{50^2 + 42^2 + \dots + 72^2}{2} - 19321 - 36 - 576 - 64 - 289 - 9 - 9 = 0$$

Bulunan bu değerler kullanılarak, hata varyasyonu aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$SS_E = SS_T - SS_A - SS_B - SS_C - SS_{A \times B} - SS_{A \times C} - SS_{B \times C} - SS_{A \times B \times C}$$

$$SS_E = (20476 - 19321) - 36.0 - 576.0 - 64.0 - 289.0 - 9.0 - 9.0 - 0.0 = 172$$

Bu hesaplamalar sonucunda oluşan ANOVA tablosu aşağıdadır (Tablo 5.20).

Tablo 5.20 ANOVA tablosu

Faktörler	SS	S. Derecesi	SS/s.d.	F	Etki%
A	36.0	1	36.0	1.67	3.11
B	576.0	1	576.0	26.79	49.88
C	64.0	1	64.0	2.97	5.54
AxB	289	1	289.0	13.44	25.03
AxC	9.0	1	9.0	0.42	0.78
BxC	9.0	1	9.0	0.42	0.78
AxBxC	0.0	1	0.0	0	0
e	172	8	21.5		14.88
Toplam	1155	15			100.00

F_{kritik} değeri için EK B'deki F tablosuna, %99 güven seviyesi için bakacak olursak;

$F_{0.01;1;15} = 8.68$ olduğu görülür.

B ve AxB'nin ANOVA'da ki F değerleri kritik değerden büyük olduğundan dolayı, her ikisinin de Y pişirme değişkeni üzerinde etkileri vardır kabulü yapılır.

ANOVA tablosunun en sağında kalan ve yüzde etki olarak isimlendirilen değerler, her bir faktörün kareler toplamının, toplam kareler toplamına oranıdır. Örneğin B'ye ait yüzde etki, $SS_B / SS_T = 49.88$ dir.

Bu, B ana faktörünün (fırın içi nem oranı), Y pişme süresini %50 oranında etkilediğini ya da pişme süresini, %99 güven seviyesinde yüzde 50 oranında temsil ettiği söylenebilir. Aynı şekilde, AxB etkileşiminin de (fırın sıcaklığı ve fırın içi nem) %25 oranında etkilediği söylenebilir. Bu iki noktada, sürekli ölçülebilir geliştirme (CMI-Continuous Measurable Improvement) sağlayabilmek için değişkenlik azaltım programları uygulanmalıdır.

Diğer ana faktörler veya etkileşimler için, istenen güven seviyesinde yeterli istatistik yoktur.

Hataların etkisinin ise %15 düzeyinde olduğu görülmektedir. Bu oranın daha yüksek olması durumunda, deneylerimizin kontrol edilemeyen çevre faktörlerinden etkilendiğini veya deneylerin yanlış tasarlandığı düşünülür.

5.6.2 Kesirli Faktöriyel Deneyler (Fractional Factor Experiments)

Yapılacak olan tam faktör deneylerinde, belirlenen seviye sayıları veya faktör sayıları çoksa, deney sayısının artacağı ve buna bağlı olarak sonuca ulaşmanın zaman ve maliyet açısından zorlaşacağı açıkça bellidir. Örneğin 2^3 'lük bir tam

faktör deneyinde 8 test varken 2^8 'lik bir düzende 256 deney yapılmalıdır. Fakat ortaya çıkan bu 256 deneyin büyük bir kısmı etkileşimleri içerir. Tam faktör deneylerdeki yüksek maliyet ve zaman kaybindan kaçınmak için, bu etkileşimlere ait deneylerin yapılmasından vazgeçilebilmektedir. İşte bunlar kesirli faktör deneyleri olarak isimlendirilir.

Kesirli faktöriyel deneyler, genel olarak etkileşimlerin direkt olarak merak edilmediği sistemlerin optimizasyonunda veya birbirini izleyen ve anlamlı faktörlerin kesin olarak bilindiği durumlarda kullanılabilir (FRIGON & MATHEWS, 1997).

Kesirli faktöriyel deneyler, yapılacak deney sayısını azaltma oranına göre isimlendirilmektedir ve 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 gibi çeşitleri vardır.

Örneğin 2^3 'lük bir düzende 8 deney yapılması gerekirken, 2^{3-1} 'de 4 deney yeterlidir ve bu $\frac{1}{2}$ kesirli faktöriyel deneyler ya da $\frac{1}{2}$ FFE olarak isimlendirilir. Kesirli faktör deneylerin mantığı, ortogonaliteyi kullanarak, benzer deneyleri aynı isimle "eşad-(alias)" işaretlemek ve yapılacak deney sayısını azaltmaktır.

Kesirli faktöriyel deney düzeneklerinde kullanılan ve eşadların bulunmasına yarayan "tasarım dönüştürücüleri" (design generator) Tablo 5.22' dedir. Bu tablonun farklı faktör ve küçültme oranları için devamı EK C' dedir.

Tablo 5.21 Kesirli Faktöriyelde kullanılan Tasarım Dönüştürücüleri (FRIGON & MATHEWS, 1997).

Faktör Sayısı	Kesir	Deney Sayısı	Tasarım Jenaratörü
3	2^{3-1}	4	$C = \pm AB$
4	2^{4-1}	8	$D = \pm ABC$
5	2^{5-1}	16	$E = \pm ABCD$
	2^{5-2}	8	$D = \pm AB$ $E = \pm AC$
6	2^{6-1}	32	$F = \pm ABCDE$
	2^{6-2}	16	$E = \pm ABC$ $F = \pm BCD$
	2^{6-3}	8	$D = \pm AB$ $E = \pm AC$ $F = \pm BC$

Bu tasarım dönüştürücüleri, aşağıdaki ilişkiler çerçevesinde, tam faktoriyel düzeneğe ait her kolonla çarpılarak eşadlar bulunabilir.

1. Her kolonun kendisi ile çarpımı, tamamen “+”dan oluşan ve özdeş kolon (identity) olarak isimlendirilen kolon ; “I”ile sembolize edilir.
A.A=C.C=ABC.ABC=I gibi
2. Her kolonun özdeş kolon ile çarpımı kendisine eşittir.

$$A.I=I.A=A \text{ gibi.}$$

Örnek:

2^3 deneyine ait düzeneğe ait tasarım dönüştürücüsü, $C=AB$ olarak verilmiştir. Bu düzenekteki 7 kolonun tasarım dönüştürücüsü ile çarpılması aşağıda gösterilmiştir.

$$A.C = A.AB \Rightarrow AC = IB \Rightarrow \underline{AC = B},$$

$$C.B = AB.B \Rightarrow CB = AI \Rightarrow CB = A \text{ ve } CB = BC \text{ olduğundan } \underline{A = BC},$$

$$ABC.C = AB.ABC. \Rightarrow ABI = IC \Rightarrow \underline{AB = C},$$

$$AB.C = AB.AB \Rightarrow \underline{ABC = I} \text{ olur.}$$

Özdeş kolon “+”lardan oluştuğuna göre, 2^3 ’e ait düzenekteki ABC kolonundaki “+” olan 4 satır kullanılarak yeni bir matris elde edilir. Bu matris Tablo 5.22’dir.

Tablo 5.22 2^{3-1} için özdeş kolon ve eşadlar

No	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
2	+	-	-	-	-	+	+
3	-	+	-	-	+	-	+
5	-	-	+	+	-	+	+
8	+	+	+	+	+	-	+
eşad	BC	AC	AB				Özdeş Kolon

Bu tablodan hareketle ve deneylerin yapılma sırasınıda rassallaştırarak oluşturulan deney düzeneği Tablo 5.23’dir.

Tablo 5.23 Deney Düzenegi

No	Rassal Sıra	A	B	C
1	3	+	-	-
2	2	-	+	-
3	1	-	-	+
4	4	+	+	+

Örnek:

Bir pasta fırınında, pastaların pişme süresini (Y) etkilediği düşünülen parametreler, (A)fırın sıcaklığı, (B)fırın nemi, (C) pasta hamurunda kullanılan un cinsi ve pastaların piştiği tavaların cinsidir(D).

FAKTÖRLER**A****B****C****D****1. Seviye**

200

%40

1 no'lu un

Çelik tava

2.Seviye

250

%50

2 no'lu un

Teneke tava

Bu parametrelerin 2 seviyesi vardır ve eğer tam faktörlü deney düzenegi kullanılsaydı, 16 farklı deneye ait gözlem değerlerine gerek olacaktı. Oysa bu deney, D=ABC tasarım dönüştürücüsü kullanılarak 8 farklı deneyi içeren yeni bir kısaltılmış deney düzenegi kullanabilmemizi sağlamıştır(AB=CD; AC=BD, BC=AD). Kesirli faktöriyel deneyin uygulama planı Tablo 5.24'de gösterilmiştir.

Tablo 5.24 2^{4-1} Deney planı ve gözlem değerleri ortalamaları

Sıra	A	B	C	D	Gözlem Değerleri
1	-	-	-	-	54
2	-	-	+	+	55
3	-	+	-	+	46
4	-	+	+	-	50
5	+	-	-	+	46
6	+	-	+	-	45
7	+	+	-	-	30
8	+	+	+	+	24

Bu plana göre yapılan deney sonuçlarının ortalama değerleri, L8 tablosuna yerleştirilerek gerekli hesaplmalar yapılır.

Etki değerlerinden hareketle normal olasılık grafiği üzerinde hangi etkilerin istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur. Şekil 5.22’de bu nomogram yer almaktadır.

Tablo 5.25 Örnek için L8 tablosu

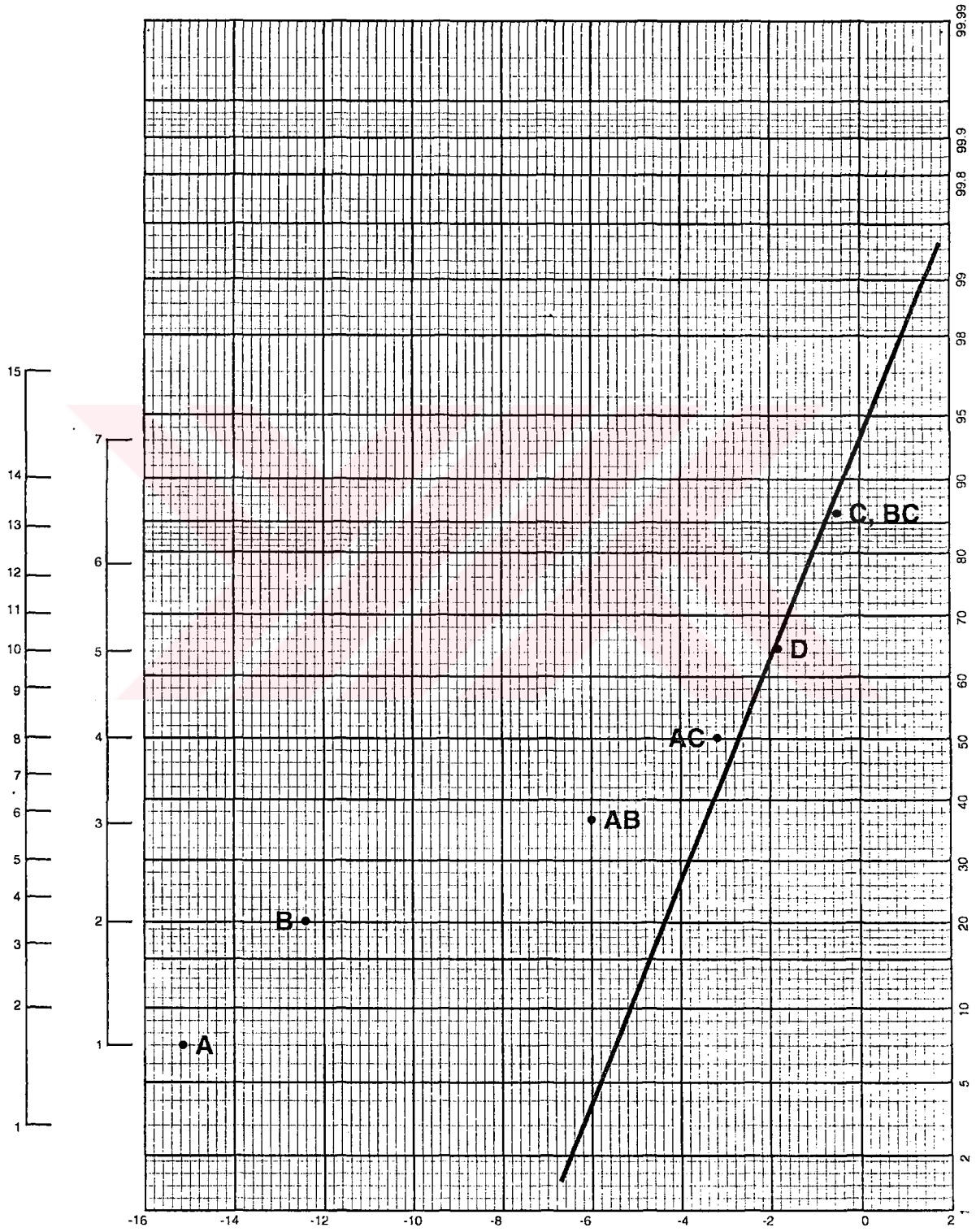
L8 HESAP TABLOSU															
Standart	Y	A		B		C		AB=CD		AC=BD		BC=AD		D	
Sıra	Değeri	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	54	54		54		54			54		54		54	54	
2	55	55		55			55		55	55		55			55
3	46	46			46	46		46			46	46			46
4	50	50			50		50	50		50			50	50	
5	46		46	46		46		46		46			46		46
6	45		45	45			45	45			45	45		45	
7	30		30		30	30			30	30		30		30	
8	24		24		24		24		24		24		24		24
Toplam	350	205	145	200	150	176	174	187	163	181	169	176	174	179	171
Sayı	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ortalama	43,75	51,25	36,25	50,00	37,50	44,00	43,50	46,75	40,75	45,25	42,25	44,00	43,50	44,75	42,75
Etki			-15,0		-12,5		-0,5		-6,0		-3,0		-0,5		-2,0
Sıra		1		2		6,5		3		4		6,5		5	

Şekil 5.22’de, önemli etkiler A, B ve AB ve/veya CD olarak görülmektedir. C ve D’nin etkilerinin önemsiz olması, etkileşimlerinde etkili olmadığını yani AB’nin eşadı olan CD’nin önemsiz olduğu düşüncesini kabul etmemizi sağlar.

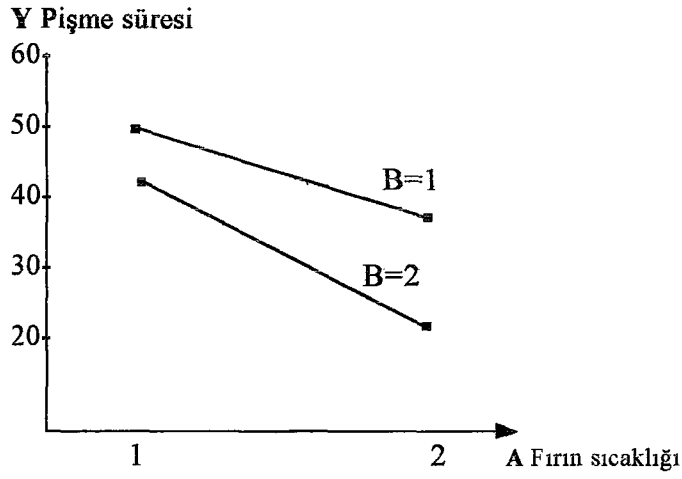
AB etkileşiminin önemli olarak bulunması için, etkileşimin grafiğinin çizilerek yorumlanması gerekmektedir (Şekil 5.23). Tablo 5.25’de AB etkileşiminin değerlerini içermektedir.

Tablo 5.25 AB etkileşimi

A	B	
	1	2
1	54;56 54.5	46;50 48.0
2	46;45 45.5	30;24 27.0



Şekil 5.22 Normal Olasılık Grafiği



Şekil 5.23 *Pişme süresi AB etkileşimi*

Grafikten A ve B faktörlerinin 2.seviyelerinin etkileşimlerinin, Y pişme süresini daha küçük yaptığı görülmektedir. Y'nin beklenen değeri,

$$\hat{Y} = 43,75 + 0,5.(+).(-15) + 0,5.(+).(-13,5) + 0,5.(+).(+).(-6)$$

$$\hat{Y} = 27 \text{ olur.}$$

Sonuç olarak, pastaların pişirilme süresini azaltmak için, fırın sıcaklığı 250°C ve fırın içi nem düzeyi ise % 50'ye ayarlanmalıdır.

6. UYGULAMA

6.1 UYGULAMA KAPSAMI

Erciyas Biracılık ve Malt Sanayii A.Ş.'de, Efes Pilsen Şişe Normal bira için kalite geliştirilmesine yönelik entegre bir yaklaşım kullanılması düşünülmüştür. Bu yaklaşım 3 aşamadan oluşmaktadır ve QFD, FMEA ve DOE'nin birbirini izleyen bir şekilde uygulanmasından ibarettir. Yöntemdeki herbir aşamanın amaçları kısaca şunlardır.

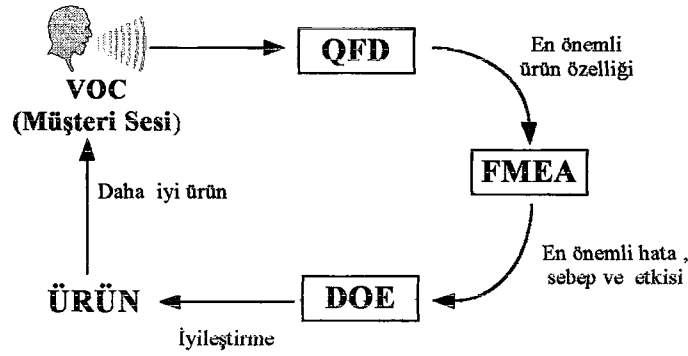
Kalite Fonksiyon Açınımı(QFD) ile, biranın müşteri beklentilerini karşılamadaki durumunun tespiti sağlanacak ve geliştirme önceliklerinin bu beklentilere göre belirlenmesi mümkün olabilecektir.

Hata Türü ve Etkileri Analizi (FMEA) ile, QFD'den elde edilen geliştirme önceliği en yüksek ürün özelliği ele alınacak ve buna ait olası hata türleri, etkileri, sebepleri analiz edilecektir.

FMEA'dan elde edilen iyileştirme önerileri ya da geliştirilmesi öncelikli ürün özelliğiyle ilişkili parametreler (faktörler) üzerinde Deneysel Tasarım (DOE) çalışması yapılarak, bir parametre tasarımı yapılması ve bu sayede bir iyileştirme sağlanması amaçlanmaktadır.

Kullanılması düşünülen yöntemlerin hepsi, Pareto mantıklı çalışmalardır. Müşterinin üründen beklediği en önemli özellikler belirlenir, bu özelliği oluşturan en önemli sebepler belirlenir ve bu sebeplerin oluşturduğu etkilerin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılır. Pareto mantıklı bu çalışma ile, marjinal faydası en yüksek iyileştirmeler gerçekleştirilir ve bu nedenle ekonomiktir. Ayrıca, birçok birimin birarada çalışmasını gerektirdiğinden, takım çalışmasını güçlendirir ve içeriğinde bir çok bilgiyi saklar.

Şekil 6.1, bu yöntemler ile nasıl sürekli gelişilebileceğini göstermektedir.



Şekil 6.1 Sürekli Gelişim Modeli

6.2 İŞLETMENİN TANITIMI

1969 yılında kurulan Anadolu Endüstri Holding A.Ş.'nin Bira grubuna bağlı Erciyas Biracılık ve Malt Sanayii A.Ş., bu uygulamada konu edilen Efes Pilsen Bira'nın üreticisidir.

6.3 ÜRÜN PROSES TANITIMI

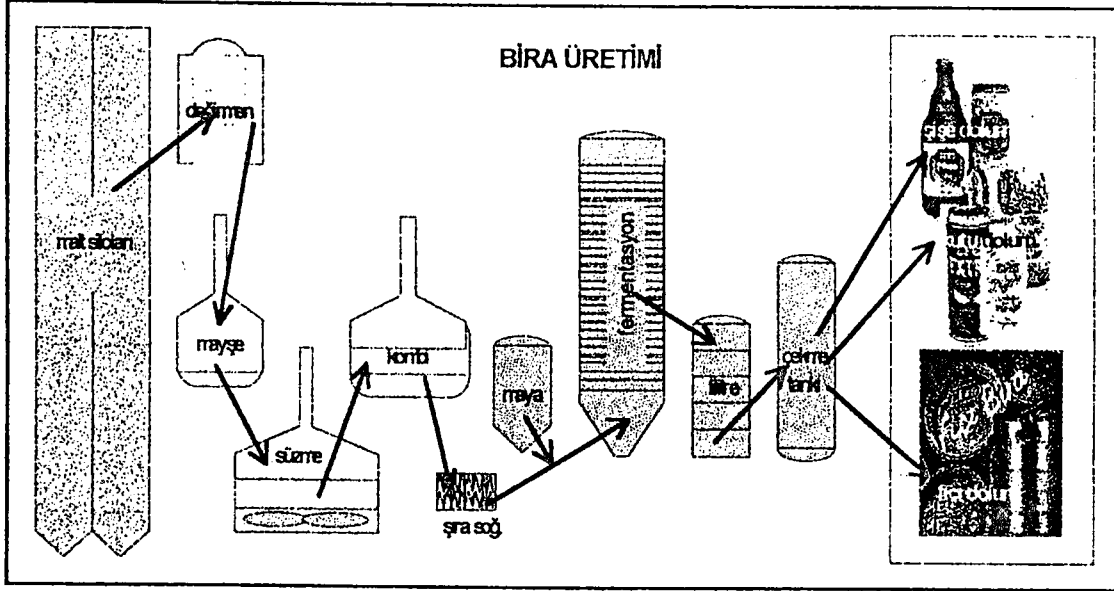
Bira üretimine ait proses akış şemaları EK D'de verilmiştir. Bu aşamalardan bazıları, aşağıda daha detaylı açıklanmıştır.

6.3.1 Bira Tanımı

Bira, maltın ve diğer ekstrakt verici maddelerin suyla reaksiyonu sonucu elde edilen şıranın, şerbetçiotu ile aromatize edilerek bira mayası ile fermantasyonu ve olgunlaştırılması sonucu elde edilen bir içecektir.

Bira üretiminin aşamaları aşağıda listelenmiştir ve Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

1. Şıranın Hazırlanması
2. Şıranın Fermantasyonu
3. Genç Biranın Olgunlaştırılması
4. Biranın Filtrasyonu ve Dolumu



Şekil 6.2 Efes Pilsen Bira Üretimi

6.3.2 Şıranın Hazırlanması

İçinde malt ve diğer katkı malzemelerinden elde edilen karmaşık çözünmüş maddeler içeren bileşime “şıra” adı verilir. Şıranın oluşabilmesi için sözü geçen hammaddelerin içerdiği ekstrakte olabilir maddelerin suya geçirilebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla önce malt öğütülür

6.3.2.1 Öğütme

Bu işlemde beklenen şunlardır:

Maltın tüm çözülebilir maddeleri şıraya geçirilmelidir. İnce irmik ve un, enzim açısından daha kuvvetlidir. Kaba irmik zor çözünür, ekstarkt kayıplarına yol açar.

Kavuzlar, mümkün mertebe parçalanmadan ayrılmalıdır. Kavuzlar filtre görevi görerek süzmeyi kolaylaştırırlar. Fazla parçalanmaları halinde süzme güçleşeceği gibi, şıraya istenmeyen tat ve renk maddelerei geçer Malt tartıldıktan sonra 6 valsli değirmenlerde, etkin bir elek sistemi yardımı ile, belirli bir tane iriliğinde öğütülür ve öğütülmüş malt bunkerine alınır.

6.3.2.2 Mayseleme

Mayselemenin ana işlevi, maltın bileşimindeki maddeleri çözünür hale getirmektir. Bu amaçla, öğütülmüş malt, kendisinin 3-4 misli suyla karıştırılarak mayselelenir. Mayseleme esnasında bazı biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda, büyük moleküllü madde grupları, küçük moleküllü parçalanma ürünlerine dönüşürler.

Mayseleme sırasında, farklı reaksiyonlar elde edilebilmesi için farklı optimum sıcaklıklar uygulanır. Mayselemeden etkilenen başlıca madde grupları ile sıcaklık ve pH optimum değerleri aşağıdadır.

- a) β -Glukan : Viskoziteyi artırır. Bu nedenle süzme ve filtrasyon zorluklarına yol açar. Optimum sıcaklık değeri 35-50 °C ve pH değeri ise 5'dir.
- b) Proteinler: Şıra yapımı sırasında ileri derecede çözünmüşlerdir. Bu nedenle mayselemede her zaman protein çözünmesi istenmeyebilir. Düşük moleküllü protein ürünleri, mayanın beslenmesi için çok önemlidir. Yüksek moleküllü olanlar ise, köpük açısından olumlu, stabilite yönünden ise olumsuzdur. Optimum sıcaklık değeri 50-55 °C ve pH değeri ise 5-5.2'dir.
- c) Nişasta: Nişastanın belli başlı, amiloz ve amilopektin olarak iki bileşeni vardır. Bunların kimyasal yapıları farklı olduğundan, etki eden enzimlerde farklıdır. Amiloz, β -amilaz enzimi tarafından parçalanır. Optimum sıcaklık değeri 50-65 °C ve pH değeri ise 5.4-5.6'dır. Amilopektin ise, α -amilaz tarafından parçalanır. Optimum sıcaklık değeri 70-75 °C ve pH değeri ise 5.5-5.8'dir. Nişastanın parçalanma ürünü, temelde malt şekeridir (maltoz). Maltoz özellikle β -amilazın etkimesi ile oluşur. Bunun yanında , diğer parçalanma ürünleri de dekstrinlerdir. Mayselemede nişastanın tamamen parçalanması iyot ile kontrol edilir. İyot normalitesine ulaşamayan şıralar, üretimin ilerleyen aşamalarında çeşitli sorunlar yaratırlar.

Mayseleme esnasında, mayşe; yukarıda belirtilen parçalanmaların olabilmesi için farklı sıcaklıklarda, değişik sürelerde tutularak mayanın faydalanabileceği en uygun şıra bileşimi sağlanmaya çalışılır. Pirinç, irmik gibi maddelerin nişasta yapısı farklı olduğundan, onların ekstarktından yararlanmak için, 100 °C'de kaynatılarak,

nişasta hücrelerinin termik olarak patlatılması gerekmektedir. Bu amaçla, daha değişik işlemlere tabi tutulurlar. Ancak bu farklı işlemlerden sonra, maltın enzimleri yoluyla daha ufak moleküllere dönüştürülebilirler.

6.3.2.3 Süzme

Mayşenin ve şıra posasının birbirinden ayrılması için süzülmesi gerekir. Süzme, tabanında yarıklı plakalar bulunan süzme kazanlarında yapılır. Mayşe içindeki çözünmemiş maddeler ve kavuzlar, süzme kazanı içinde katmanlaşarak bir filtre tabakası oluştururlar. Şıra, bu tabakayı ve süzme plakalarının geçerken süzülmüş olur. Süzmeişleminin iki aşaması vardır;

- a) Ön Şıranın Süzülmesi: Ön şıra, hazırlanan mayşenin konsantrasyonuna bağlı olarak %15-18 oranında kuru madde içerir ve vizkoz karekterdedir. Son derece dikkatli ve katı madde geçirmeyecek biçimde süzülmalıdır.
- b) Posa ya da küспенin yıkanması: Posa, ön şıra ayrıldıktan sonra önemli miktarda ekstarkt ihtiva eder. Bu ekstraktın alınabilmesi için kademeli olarak 75 °C'lik su ile yıkama suyunda kalan ekstarkt %1.5'in altına düşünceye kadar yıkanır.

Süzülen şıra, bir toplanma tankında toplanır. Süzme sırasında dikkate edilmesi gereken en önemli unsur, şıranın berrak olarak kazanılmasıdır. Bulanık olarak süzülen şıradaki katı maddecikler, daha sonra “whirlpool”da çökmezler ve şıradan ayrılmazlar. Bu parçacıklar, serbest yağ asidi içerdiği için biranın köpüğünü ve stabilitesini olumsuz etkiler.

6.3.2.4 Kaynatma

Süzülen şıra, şıra toplama tankından kaynatma kazanına aktarılır. Burada sıcaklığı 100 °C'ye getirilir. Ve 100 °C'de en az 90 dakika kaynatılır. Bu arada şıraya, biranın acılığını ve kısmen aromasını sağlayan şerbetçiotu ilave edilir ve kaynatılır. Kaynama süresi biten şıra, “Whirlpool” a aktarılır. Kaynatma sırasında şu değişiklikler meydana gelir.

- a) Buharlaşma: Su ve şıradaki uçucu maddeler buharlaşır ve bu sayede şırada istenen kuru madde miktarı istenen seviyeye yękselir. Buharlaşma miktarının %8-10 arasında olması istenir.
- b) Sterilizasyon: 100 °C’de kaynayan şıra, t¼m mikroorganizmalardan arınmış olur.
- c) Enzimlerin inaktivite olması: Bu sayede, paręalanma reaksiyonları devam etmez ve şıra bileşimi stabilize olur.
- d) pH azalması: Kaynama esnasında, pH değeri, 0.15-0.25 birim azalır.
- e) Tortunun oluşması: şıradaki proteinlerin bir kısmı sıcaklık ve pH etkisi ile tortulaşır. Bu biranın tadı ve stabilitesi için gereklidir.
- f) řerbetęiotu reğinelerinin izomerasyonu: řerbetęiotunda bulunan α -asitleri ¼nce ęöz¼n¼r, daha sonra izomerize olarak biranın acılığını oluşturur.
- g) Renk koyulaşması: Kaynatma esnasında konsantrasyonun artması, şıra bileşenlerinin oksidasyonu gibi nedenlerle renkte 1-2 birimlik bir artış g¼zlemlenir.

6.3.2.5 şıranın Durulaştırılması ve Soğutulması

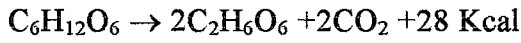
Kaynatılan şıra içinde genellikle protein ve řerbetęiotu k¼kenli bir tortu vardır. Bu tortu, sıcak tortu ve soğuk tortu olarak ikiye ayrılır. Soğuk tortu, şıra soğutulduğunda oluşur. Sıcak tortu ise, “whirlpool” ya da “rotapool” tankının dibinde ę¼kerek kalır. Bunun mutlaka şıradan ayrılması gereklidir aksi taktirde, mayaya bulaşarak fermentasyonu geğiktirir ve birada hoşa gitmeyen bir tada yol açar. Soğuk tortu ise, şıra soğutulduktan sonra flotasyon tankında ayrılır. Soğuk tortunun temizlenmesi için şıra, havalandırılır. Soğuk torusu iyi alınmış biranın olgunlaşma s¼resi kısılanır.

Kaynayan şıra “whirlpool” tankına alınır ve orada durulması için yaklaşık 30 dakika bekletilir. Tortu iyice oturduktan sonra şıra mayalanmak için 6-7 °C’ye kadar soğutulur. şıra soğutma işlemi, plakalı soğutucular ile 2 aşamada soğutulur. İlk ¼nce içerisinde su dolaşan plakalarla karşılağan şıra, daha sonra alkol içeren plakalarla ısı alışverişinde bulunur. Bu plakalar iğerinde kullanılan su, yaklaşık 60-

70 °C' ye kadar çıkar ve bu su başka aktivitelerde kullanılmak üzere depolanır. Şıranın havalandırılması işlemi ise, şıra içindeki mayanın yaşamasını sağlayacak oksijenin şıra içinde çözünmesidir. Soğutma sırasında, şıra flotasyon tankına girmeden önce içerisine maya dozlanır.

6.3.3 Fermantasyon

Fermantasyon, mayanın içerisinde bulunan gıda maddelerinden istifade ederek, yine şıradaki bulunan şekeri alkole dönüştürme işlemidir. Bu olay ancak, ortamda oksijen yoksa gerçekleşebilir. Fermantasyon formülüne göre;



1 molekül şekerden, 2 molekül etil alkol, 2 molekül karbondioksit ve ısı açığa çıkar. Alkol biranın içerisinde kalır. Karbondioksit gazının bir kısmı biranın içerisinde eriyerek kalırken, büyük bölümü ortamdan ayrılır. Bu gaz toplanıp sıvılaştırılarak, üretimin diğer kademelerinde tekrar kullanılmaktadır.

Fermantasyonun istenen şekilde ilerlemesi için, fermantasyon sıcaklığının kontrol altında tutulması gereklidir. Fermantasyon sıcaklığı 5 °C olmalıdır. Bu nedenle, yukarıda formülde de görülen ve ortaya çıkan ısı sürekli olarak ortamdan alınması gereklidir ve bu nedenle fermantasyon tankları soğutulur. Soğutma yapılmadığı ya da fermantasyon sıcaklığı istenen seviyede tutulmadığı durumlarda, ortamda istenmeyen bir ok fermantasyon yan ürünü oluşur ve bunlar bira kalitesini bozar. Fermantasyon sırasında alkol ve karbondioksit oluşumu dışında gözlenen değişiklikler şunlardır:

- a) pH azalması: Fermantasyon sırasında yan ürün olarak oluşan bazı asitler pH'ın yaklaşık 1 birim azalmasına neden olur.
- b) Acılık azalması: Şıradaki acılık maddelerinin çözünürlüğü pH'ın düşmesi ile azalır. Böylece çöken acılık maddeleri, toplam acılığın düşmesine sebep olur.
- c) Renk açılması: Yine pH'ın düşmesine bağlı olarak, şıranın renk maddelerinin de çözünürlüğü azalır ve çökerek ortamdan uzaklaşır. Renk, fermantasyon sırasında 2-3 birimlik bir azalma gösterir.

d) Yan ürünler: Fermantasyon biyokimyasal bir olaydır ve bunun gereği bazı ara ve yan ürünler oluşur. Bunlar;

- Yüksek alkoller
- Aldehitler
- Esterler
- Yağ asitleri ve diğer inorganik asitler
- Dasetil ve pentendion

Fermantasyon işlemi, yaklaşık 6 gün sürer. Bu süre sonunda, genç bira olgunlaştırılmak üzere dinlendirme tanklarına alınır.

6.3.4 Dinlendirme

Genç bira bu haliyle içilebilecek durumda değildir. İçilebilme özelliğini kazanabilmesi için bir süre dinlendirilmelidir. Dinlendirmenin amaçları şunlardır:

- a) Bira içinde kalan ekstraktın tamamen parçalanarak son fermantasyon derecesine ulaşılması
- b) Birayı CO₂'e doyurmak
- c) Bira içinde bazı uçucu maddelerin , çıkan CO₂ ile aynı ortamdan uzaklaştırılması
- d) Mayanın çökerek biranın durulması
- e) Stabilitenin artırılması
- f) Biranın tat açısından olgunlaşması ve dengelenmesi

Dinlenmeden beklenen bu etkilerin sağlanabilmesi için genç bira içerisinde yeterli miktarda ekstrakt ve aktif maya hücresi olması gereklidir. Dinlendirmede iki yöntem uygulanır.

1. Sıcak dinlendirme: Fermentasyonu tamamlamış olan bira, içinde bir miktar ekstrakt bırakılarak silindrokonik tanklara aktarılır ve tankın soğutması kapatılır. Kalan ekstrakt parçalanırken sıcaklık 11-12 °C'ye yükselir. Sıcak olgunlaştırmada kritik belirgeç dasetilin redüklenmesidir. Dasetil norm ya

da hedef değerin altına düştüğünde bira soğutulur ve soğukta yeterince bekletildikten sonra filtre edilir. Bu yöntem genellikle dinlendirme süresini kısaltılmasına yöneliktir.

2. Soğuk dinlendirme: Fermantasyonu tamamlayan genç bira, 5-5.5 °C'ye soğutularak ya bir miktar artık ekstarkt ile ya da "kroyzen" (ekstarkt ve bol miktarda aktif maya içeren şıra) alınarak dinlendirme tankına alınır. Dinlendirme tankları, sıcaklığın 0 °C olduğu kamaralardır. Genç birada faaliyet devam ederken, sıcaklık yavaş yavaş 0 °C'ye düşürülür. Diasetil redüksiyonu tamamlanan bira filtre edilir. Bu yöntemde dinlendirme süresi en az 21 gün olmalıdır.

Olgunlaşması tamamlanan bira, kimyasal ve duyuşsal analizleri yapıldıktan sonra filtre edilir.

6.3.5 Filtrasyon ve Dolum

Filtrasyondaki amaç, bulanıklığı, bulanıklığa yol açabilecek maddeleri ve mikroorganizmaları biradan uzaklaştırmaktır. Filtre edilen bira, sadece berraklaşmaz, aynı zamanda organik ya da inorganik parçaların uzaklaştırılması ile stabil (sabit) hale gelmiş olur.

Filtrasyon işlemi, plakalı bir filtre yardımı ile yapılmaktadır. Kiselgur toprağı ile dozlanarak oluşturulan bulamaç halinde filtre plakalarından geçirilen bira, berrak bir şekilde süzölmüş olur. Vizkozitesi düşük, dinlendirme süresi yeterli, şekerleşmesi normal biralar, filtrasyonda sorun çıkarmazlar. Filtrasyon sırasında biraya CO₂ dozlanarak istenen oran elde edilmeye çalışılır.

Daha sonra bira, çekme tankı adı verilen tanklara alınır ve , şişe, fıçı ya da tenekelere doldurulmak üzere dolum tesislerine alınır.

6.4 EFES PİLSEN ŞİŞE NORMAL BİRA İÇİN QFD UYGULAMASI

6.4.1 Proje Amacı

QFD projesinin temel amacı, üretim sürecini müşteri odaklı hale getirmektir. QFD proje ekibi tarafından amaç, Efes Pilsen Şişe Normal Biranın, müşteri beklentilerini karşılamadaki durumunun tespiti ve geliştirme önceliklerinin bu beklentilere göre belirlenmesi olarak tanımlanmıştır.

QFD projesi, Efes Pilsen Şişe Normal bira için, kalite evinin oluşturulması olarak da tarif edilebilir. Kalite evinin oluşturulmasında ise, zaman zaman iç içe yürüyen iki aşaması vardır.

- Müşteri istek ve ihtiyaçlarının belirlenmesi, düzenlenmesi ve önem derecelerinin bulunması
- Bira üretim teknik standartlarının gözden geçirilmesi ve bilinen müşteri istekleri ile ilişkilendirilmesi

6.4.2 Müşteri İsteklerinin ve Bunların Önem Derecelerinin Belirlenmesi:

Müşteri isteklerinin belirlenmesi ve bira üretimine ait teknik göstergelerin belirlenme süreci eşzamanlı yürütülerek belirlenmeye çalışılmıştır. İlk önce, yurtdışında bira eğitimi almış 20 teknik eleman, QFD ekibi tarafından bir toplantıda biraraya getirilmiş ve biraya ait teknik standartlar ile biradan müşterilerin beklentileri neler olabileceğinin tespitine yönelik bir beyin fırtınası gerçekleştirilmiştir. Bu beyin fırtınası sonucunda elde edilen ve 10 adet tüketici kriteri Tablo 6.1’de ve 39 bira üretimi teknik özelliği Tablo 6.2’de gösterilmektedir.

Tablo 6.1 Olası Tüketici Kriterleri

Tadı	Rengi	Kokusu	Köpüğü
İçimi Kolay	Sağlığa Yararlı	Tadı Sert	Ambalajı Çekici
Alkol Oranı Uygun	Kalori Düzeyi Uygun		

Tablo 6.2 Bira Üretimi Teknik Standartları

Acılık	PU	O ₂	Fermantasyon Farkı
pH	Formülasyon	Şerbetçiotu kalitesi	Maya Cinsi
Diasetil	SO ₂	Dinlendirme Süresi	Otoliz tadı
Köpük	Son ferm.derecesi	Ferm. Yan Ürünleri	M.Biyolojik temizlik
Su Kalitesi	Orjinal Balling	Malt	Filtrasyon
Pastör	Fermantasyon	Ambalaj Etkisi	Güneş Işığı
Stabilite	Süzme	Yağ Kont.	Vitamin
Sağlıkla ilgili Yazılar	Hijyen	Hazım Kolaylığı	Güven
Böbrekleri iyi çalıştırması	Koagüle Azot	Şişmanlatmaz	Etiket
CO ₂	Alkol Derecesi	Kaynatma	

QFD projesinin başarısındaki en önemli adım, müşteri istek ve ihtiyaçlarının doğru olarak anlaşılmasıdır. Bu nedenle, teknik elemanlarca belirlenen bu 10 kriterin, gerçekten de müşterilerin görüşünü temsil edip etmediğinin belirlenmesi için, müşterilerle yüzyüze gerçekleşen bir focus (odak) çalışması yapılmasına karar verilmiştir.

6.4.2.1 Focus (Odak grubu) Çalışması

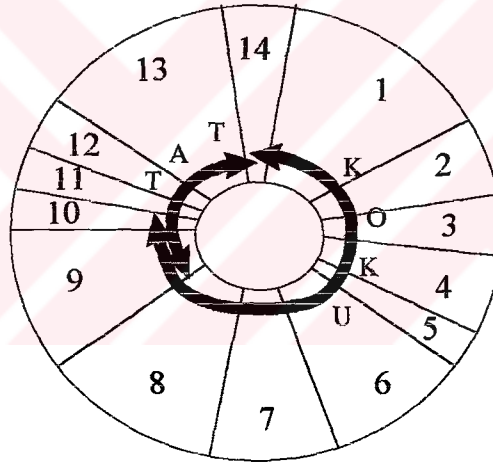
Focus çalışmaları, işletmelerin ürünleriyle ilgili, son kullanıcıdan direkt olarak bilgi alma çalışmalarıdır. Yüzyüze bir uygulama olduğundan dolayı, genellikle tüm müşteri kitlesini temsil etme yeteneği yoktur. Yine de ürünle ilgili bazı önemli ipuçları alınabilmektedir (AMES & HLAVECK, 1984)

QFD ekibi, focus çalışması yapılmasına karar verdikten sonra bu konuda uzman bir araştırma-danışmanlık firmasıyla toplantı yapmış ve bir alt komite kurarak focus çalışmasında müşterilere yöneltilebilecek soruları belirlemiştir.

Bu sorular hazırlanırken, özellikle biradaki tadsal sapmaların tanımlanmasında, uluslararası yöntem olan aroma terminolojisi ve standartlarından yararlanılmıştır (GERSTENBERG & UHLIG,1998).

Aşağıdaki aroma tekerleği olarak adlandırılan çark, biradaki aromatik sapmaları 14 katogoriye ayırır (Şekil 6.3).

1. Aromatik, meyvemsi, ester kokuları
2. Reçine, badem, çimen kokuları
3. Tahıl kokusu
4. Karamel kokusu
5. Fenol kokusu
6. Sabun, tereyağ kokuları
7. Sülfür kokusu
8. Oksit, küf kokuları
9. Ekşi, asidik tat ve koku
10. Tatlı
11. Tuzlu
12. Acı
13. Metalik
14. Doluluk



Şekil 6.3 Bira için Aroma Tekerleği

Bu çarktan yararlanılarak, focus çalışmasında tüketicilere sorulacak sorular belirlenmiştir. Focus çalışmasının akış planı EK E' de verilmiştir.

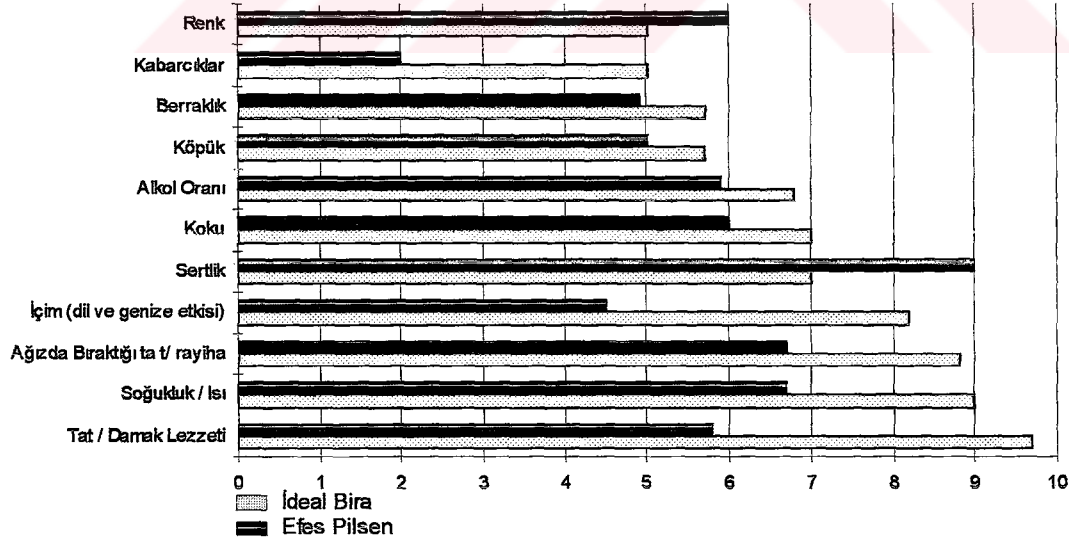
“Bira Tüketicisinin Ürün Niteliklerine Verdiği Önem ve Tanımlamalar Konusunda Kalitatif Araştırma” olarak isimlendirilen focus çalışması, 7 ve 8 kişiden oluşan BC1 ve C1C2 sınıfına mensup, iki gruba uygulanmıştır. Bu gruplar, 18-55 yaşında, haftada en az bir kez 2-3 bardak bira içenlerden veya haftada en az 2-3 kez 1 bardak içenlerden oluşmuştur. Tablo 6.3’de sosyal sınıf tanımları verilmiştir.

Tablo 6.3 Sosyal Sınıf Tanımları

A	Üst seviyedeki idareciler ve meslek sahipleri, büyük ölçekli işletme sahipleri
B	Orta seviyedeki idareciler ve meslek sahipleri, orta ölçekli işletme sahipleri
C1	Alt seviyedeki idareciler, büro personeli, memur, esnaf
C2	eğitim görmüş usta, el ve beden işçileri, küçük esnaf
D	Yarı vasıflı veya vasıfsız İşçiler (el ve beden işçileri)
E	Belirli bir geliri olmaksızın geçinenler veya başkalarından yardım görenler

Focus çalışması sırasında, tüketicilere, piyasada 2-2.5 aydır duran Efes Pilsen Şişe Normal biralar, silindirik büyük bardaklarda (herhangi bir marka imajı hatırlatmamasına dikkat edilmiştir) ve markasız olarak sunulmuştur. İlk önce denekler serbest bırakılmış, 2 denemede ise deneklere birayı nasıl içecekleri ve bu sırada sorulan sorulara yanıt vermeleri istenmiştir.

Focus çalışması sonucunda, danışman firmanın hazırlamış olduğu bir rapor, görüşmelerin kayıtlı olduğu 4 saatlik bir video kaset elde edilmiştir. Rapor doğrultusunda elde edilebilen tek sayısal gösterge, müşterilerin ideal biradan beklentilerinin önem sırası ve içilen Efes Pilsen biranın bu beklentilerini karşılamadaki konumlandırılmalarıdır ve Şekil 6.4’de aşağıdadır.



Şekil 6.4 Müşterilerin ideal biradan beklentilerinin önem dereceleri

QFD ekibi, müşterilerin belirtmiş olduğu kriterleri, teknik olarak aynı anlamı taşıdığı gerekçesi ile aşağıdaki biçimde birleştirmiştir.

- TAT: Tat / Damak lezzeti + Ağızda bıraktığı tat / Rayiha
- RENK: Berraklık + Renk
- KOKU: Ağızda bıraktığı tat / Rayiha + Koku
- KÖPÜK: Köpük
- İÇİM KOLAYLIĞI: İçim (dil ve genize etkisi) + Sertlik + Kabarcıklar
- TAT- ACILIK: İçim (dil ve genize etkisi) + Sertlik

Bu birleştirme işlemi sonrasında, focus çalışmasındaki tüketicilerin belirlediği önem dereceleri 10 üzerinden Tablo 6.4’de verilmiştir.

Tablo 6.4 Focusdaki Tüketicilere Göre Önem Dereceleri

Kriter	Puan
TAT	10
RENK	6
KOKU	8
KÖPÜK	6
İÇİM KOLAYLIĞI	7
TAT-ACILIK	8

Focus çalışması sonucu elde edilen rapor ve video kaset, yurtdışında bira eğitimi almış 15 teknik eleman tarafından incelenmiş ve kendilerinden “müşteri gözüyle” önem derecelerinin ne olabileceğine ilişkin bir bilgi istenmiştir. Bu veriler sonucunda elde edilen önem dereceleri Tablo 6.5’dedir

Tablo 6.5 Teknik Elemanların, Müşteri Gözüyle belirledikleri Önem Dereceleri

Kriter	Puan
TAT	10
RENK	6
KOKU	7
KÖPÜK	7
İÇİM KOLAYLIĞI	9
TAT-ACILIK	8

Focus çalışmasından ve teknik elemanların değerlendirmeleri sonucunda oluşan ve kalite evinin önem derecesi sütununu oluşturacak son önem dereceleri Tablo 6.6’dadır.

Tablo 6.6 Müşteri İstekleri ve Önem dereceleri

Kriter	Puan
TAT	10
RENK	6
KOKU	8
KÖPÜK	6
İÇİM KOLAYLIĞI	8
TAT-ACILIK	8

6.4.3 Teknik Özelliklerin Belirlenmesi ve Müşteri İstekleri ile Arasındaki İlişkilerin Tanımlanması

6.4.3.1 İlişki Matrisi

Kalite evinin gövdesini oluşturacak ilişkiler matrisi, focus çalışması sonucu 6'ya indirgenen müşteri istekleri ile beyin fırtınası sonucunda belirlenen 39 bira üretimi teknik standardından oluşturulur.

Bu matris, yurtdışında bira eğitimi almış 20 teknik eleman tarafından aralarındaki ilişkiler, aşağıdaki sınıflandırmaya göre doldurulmuştur.

- 0: ilişki yok.
- 1: zayıf ilişki var.
- 3: orta dereceli bir ilişkili var.
- 9: kuvvetli ilişki var.

Doldurulan 20 matris üzerinde 3 çeşit birleştirme denenmiştir. Bunlar,

- Her hücrenin aritmetik ortalaması alınmıştır, yani her hücre toplamı 20'ye bölünmüştür.
- En az 5 defa işaretlenen (1,3 veya 9 olarak) hücrelerin ortalaması alınmıştır.
- En az 10 defa işaretlenen (1,3 veya 9 olarak) hücrelerin ortalaması alınmıştır.

Bu 3 seçenek sonuçları karşılaştırıldığında, QFD ekibince ilk seçenek olan her hücrenin aritmetik ortalaması alınmasının mantıklı olduğu kararına varılmıştır. Tamsayı haline getirilen ortalamalar, kendisine en yakın sınıfa (1-3-9)

yuvarlanmıştır. Arada kalan 2 ve 6 gibi değerler için, QFD ekibi tartışarak hangi değer alacağına karar vermiştir.

Elde edilen matrisin bazı sütunlarında hiç bir hücrenin değer almaması üzerine, bu sütunların matristen çıkarılmasına karar verilmiştir. Başlangıçta 39 olan bira üretimi teknik standardı 23'e indirgenmiştir. Şekil 6.7, bu işlemler sonucunda elde edilen ilişkiler matrisidir.

MÜŞTERİ İHTİYAÇLARI	BİRA ÜRETİM TEKNİK STANDARTLARI																						
	Aoluk	PC	O2	Fermantasyon Farkı	Ph	Formülasyon	Şarabofotu kalitesi	CO2	Otoliz tadı	Diasetil	SO2	Alkol Derecesi	Dinlendirme Müddeti	Son ferm. derecesi	Ferm. Yan Ürünleri	M.Biyolojik temizlik	Köpük	Orjinal Balling	Malt Kalite etkisi	Bulanıklık	Ambalaj Etkisi	Güneş Işığı	Stabilite
TAT	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	3	3	9	3	9	9	1	3	9	3	3	9	3
RENK		3	3	1	1	3			1		1		1	1	1	3		3	9	3	1	3	1
KOKU	3	3	3	1	1	3	9	1	3	9	9	1	3	3	9	3	1	1	3	3	3	3	1
KÖPÜK	1	1	1	1	1	9	1	3	3	1	1	1	3	1	3	1	9	3	9	1	1	1	3
İÇİM KOLAYLIĞI	9	3	3	3	3	9	9	3	3	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3
TAT- ACILIK	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	1	3	1		1	3			1	1

Şekil 6.5 İlişki Matrisi

6.4.3.2 Teknik Göstergeler Arası İlişkilerin Belirlenmesi

Kalite evinin çatısı oluşturacak olan teknik göstergeler arasındaki ilişkiler (korelasyon) matrisi, QFD ekibinin üzerinde tartışarak Şekil 6.6'daki matrisi doldurmasıyla oluşturulmuştur.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
	Açılık	PU	O ₂	Fermantasyon Farkı	Ph	Formülasyon	Şerbetçiotu kalitesi	CO ₂	Otoliz tadı	Diasetil	SO ₂	Alkol Derecesi	Dinlendirme Müddeti	Son ferm.derecesi	Ferm. Yan Ürünleri	M.Biyolojik temizlik	Köpük	Orjinal Balling	Malt Kalite etkisi	Bulamıklık	Ambalaj Etkisi	Güneş Işığı	Stabilite
1	Açılık																						
2	PU																						
3	O ₂																						
4	Fermantasyon Farkı																						
5	Ph																						
6	Formülasyon																						
7	Şerbetçiotu kalitesi																						
8	CO ₂																						
9	Otoliz tadı																						
10	Diasetil																						
11	SO ₂																						
12	Alkol Derecesi																						
13	Dinlendirme Müddeti																						
14	Son ferm.derecesi																						
15	Ferm. Yan Ürünleri																						
16	M.Biyolojik temizlik																						
17	Köpük																						
18	Orjinal Balling																						
19	Malt Kalite etkisi																						
20	Bulamıklık																						
21	Ambalaj Etkisi																						
22	Güneş Işığı																						
23	Stabilite																						

Şekil 6.6 Teknik Göstergeler Arası Korelasyon Matrisi

Bu matrisdeki ilişkilerin gösterimine ait notasyon, kalite evinin çatısında, bazı ilişkilerin yönsüz, bazılarının da tek yönlü olması nedeniyle aşağıdaki biçimde kullanılmıştır.

- 1 Her iki parametre arasında orta şiddetli ve yönsüz bir ilişki var.
- 2 Her iki parametre arasında şiddetli ve yönsüz bir ilişki var.
- +1 Her iki parametre arasında orta şiddetli ve pozitif yönlü bir ilişki var.
- 1 Her iki parametre arasında orta şiddetli ve negatif yönlü bir ilişki var.
- +2 Her iki parametre arasında şiddetli ve pozitif yönlü bir ilişki var.
- 2 Her iki parametre arasında şiddetli ve negatif yönlü bir ilişki var.
- 1/+1 2.parametre 1. parametreyi orta şiddetli ve pozitif yönde etkiler.
- 1/+2 2.parametre 1. parametreyi şiddetli ve pozitif yönde etkiler.
- 1/-1 2.parametre 1. parametreyi orta şiddetli ve negatif yönde etkiler.
- 1/-2 2.parametre 1. parametreyi şiddetli ve negatif yönde etkiler.
- 1/1 1.parametre 2. parametreyi orta şiddetli ve negatif yönde etkiler.
- 2/1 1.parametre 2. parametreyi şiddetli ve negatif yönde etkiler.
- +1/1 1.parametre 2. parametreyi orta şiddetli ve pozitif yönde etkiler.
- +2/1 1.parametre 2. parametreyi şiddetli ve pozitif yönde etkiler.

6.4.3.3 Müşterilerin Rekabete Yönelik Konumlandırmaları

Kalite evinin sağ tarafında yer alan ve müşterilerin rekabete yönelik karşılaştırmaları, Ağustos 1998 yılında, PİAR-GALLUP tarafından 1831 kişi üzerinde yapmış olduğu anket sonuçları kullanılmıştır.

Konumlandırmayı, müşterilerin Efes Pilsen Şişe Normal birası ile Tuborg Gold Şişe birası hakkındaki fikirlerinin kıyaslamalı olarak değerlendirilmesi olarak açıklayabiliriz.

Şekil 6.7’de gösterilen bu konumlandırmada, müşterilerin herbir marka birayı, en yüksek tatmin düzeyi olan 100 puan üzerinden değerlendirmişlerdir.



Şekil 6.7 Müşterilerin Rekabete Yönelik Değerlendirmesi

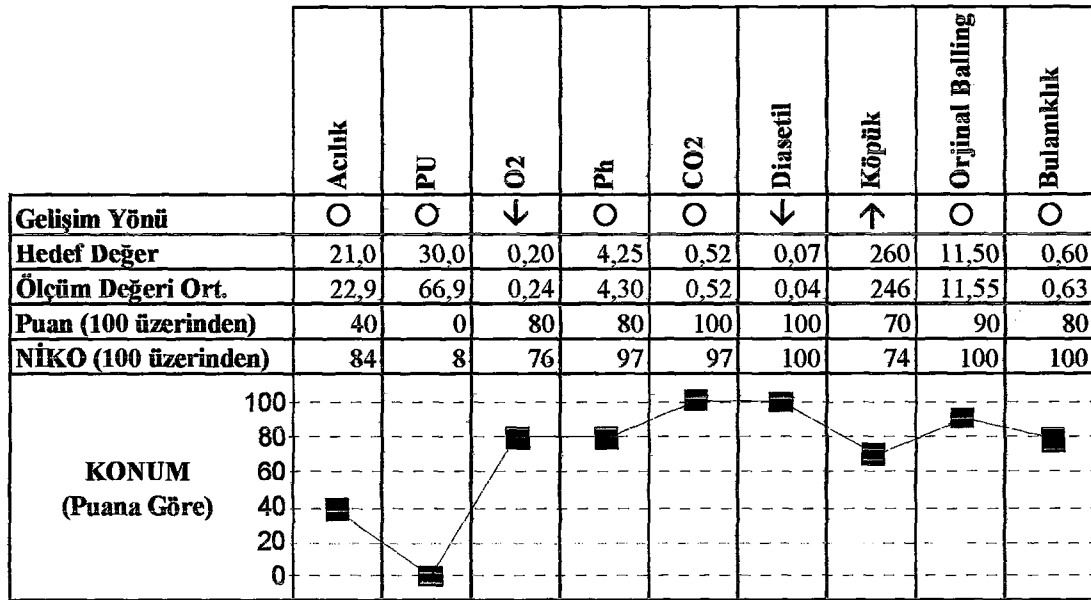
6.4.3.4 Teknik Göstergelere Göre Konumlandırma

Kalite evinin tabanında yer alan teknik göstergelere göre konumlandırma, 1999 yılının ilk 3 ayına ait Erciyas Biracılık üretimi olan Efes Pilsen Şişe Normal biranın ölçülebilen teknik özellikler açısından hedef değere (kalite indeksinde 0 puana karşılık gelen değer) yaklaşımını ifade etmektedir.

Teknik göstergeler bölümünde, laboratuvar tarafından hesaplanmış olan NİKO (Norm İçinde Kalma Olasılığı) değerlerindeki ayrıca gösterilmesine karar verilmiştir.

Konumlandırma işlemi, sadece hedef değerden sapmalara göre hesaplanan puana göre yapılmasına karar verilmiştir.

Şekil 6.8’de bu analiz sonuçları ve bunların konumlandırılması görülmektedir.



Şekil 6.8 Teknik Göstergelere Göre Konumlandırma

Gelişim yönü olarak sembolize edilen biçimlerin anlamları şöyledir.

- : Belirlenen değer, hedef değerdir.
- ↓: Belirlenen değerden daha küçük olması hedeflenir.
- ↑: Belirlenen değerden daha büyük olması hedeflenir.

6.4.4 Kalite Evinin Tamamlanması

Kalite evinin en yalın hali, bira üretimi teknik standartları ile müşteri ihtiyaçlarının oluşturduğu ilişkiler matrisi üzerinde, müşterilerin önem derecelerini de dikkate alarak bir sütun ağırlıkları hesaplanır. Buradan müşteri açısından en önemli teknik parametrenin ne olduğu belirlenebilecektir. Şekil 6.9’da bu gösterilmiştir.

BİRA ÜRETİM TEKNİK STANDARTLARI																								
MÜŞTERİ İHTİYAÇLARI	Önem dereceleri	Acılık	PU	O2	Fermantasyon Farkı	Ph	Fermentasyon	Şerbetçiotu kalitesi	CO2	Otoliz tadı	Diasetil	SO2	Alkol Derecesi	Dinlendirme Müddeti	Son ferm.derecesi	Ferm. Yan Ürünleri	M.Biyolojik temizlik	Köpük	Orjinal Baling	Malt Kalite etkisi	Bulanklık	Ambalaj Etkisi	Güneş Işığı	Stabilite
TAT	10	9	9	9	9	9	9	9	3	9	9	3	3	9	3	9	9	1	3	9	3	3	9	3
RENK	6	3	3	3	1	1	3	9	1	1	1	1	1	1	1	1	3	9	3	9	3	1	3	1
KOKU	8	3	3	3	1	1	3	9	1	3	9	9	1	3	3	9	3	1	1	3	3	3	3	1
KÖPÜK	6	1	1	1	1	1	9	1	3	3	1	1	1	3	1	3	1	9	3	9	1	1	1	3
İÇİM KOLAYLIĞI	8	9	3	3	3	3	3	9	9	3	3	3	3	3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3
TAT- ACILIK	8	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1
Sütün Ağırlıkları		216	186	186	158	158	234	264	152	186	200	146	92	170	82	234	170	80	106	270	102	74	170	94
Görelî Önem		5,8	5,0	5,0	4,2	4,2	6,3	7,1	4,1	5,0	5,4	3,9	2,5	4,6	2,2	6,3	4,6	2,1	2,8	7,2	2,7	2,0	4,6	2,5
Görelî Önem Sırası		5	7	7	13	13	3	2	15	7	6	16	19	10	21	4	10	22	17	1	18	23	10	19

Şekil 6.9 Sütün Ağırlıklarının Hesaplanması

QFD ekibince elde edilen görelî önemleri inceledikten sonra, özellikle malt etkisi, şerbetçiotu etkisi, fermentasyon gibi teknik olarak ölçülemeyen ya da dışarıdan tedarik edilen hammaddelerin bira tüketicilerinin memnuniyetleriyle yüksek oranda ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca, yüksek önemli olarak çıkan bazı parametrelerin de (diasetil gibi) önemli bir parametre olmasına rağmen zaten hedef değerden 0 kayıp puan aldıkları farkedilmiştir.

Yalnızca bu verilerin kullanılması yerine, biraya ait konumlandırmanın dikkate alınması kararına varılmış ve teknik geliştirilebilirlik adı altında yeni bir gösterge tanımlanmıştır. Teknik geliştirilebilirlik göstergesi, mevcut biranın ideal olan 100 puana uzaklığıdır. Bu işlem sırasında, ölçülemeyen herbir parametreye 100 puan verilmiş ve etkileri sıfırlanmıştır.

Bu gösterge ile sütün ağırlıkları çarpılarak yeni bir sıralama elde edilmiştir. Ayrıca analizin diğer kısımlarında bir araya getirilerek kalite evide son halini almıştır. Şekil 6.10'da oluşan kalite evi yer almaktadır.

- 1: Her iki parametre arasında ilişki
2: Her iki parametre arasında ilişki
+1: Her iki parametre arasında olumlu ilişki
-1: Her iki parametre arasında olumsuz ilişki
+2: Her iki parametre arasında olumlu ilişki
-2: Her iki parametre arasında olumsuz ilişki
1/1: 1 parametre 1 parametreyi
1/2: 2 parametre 1 parametreyi
1/-1: 2 parametre 1 parametreyi
1/2: 2 parametre 1 parametreyi
-1/1: 1 parametre 2 parametreyi
-2/1: 1 parametre 2 parametreyi
+1/1: 1 parametre 2 parametreyi
+2/1: 1 parametre 2 parametreyi

○ Belirlenen diğer hedef değerler
 A Belirlenen değerden daha büyük olması iyi
 V Belirlenen değerden daha küçük olması iyi
 T Gösterilebilirlik - (100-Puan) * Görevli Önem

208

6.4.5 Kalite Evinin Analizi

QFD projesinin sonunda, iyileştirilmesi en gerekli kriterler belirlenmeye çalışılmıştır. Bira üretimi teknik standartları içerisinde sayısal bilgi içermeyen elemanlar (malt etkisi, şerbetçiotu,..vb.) için sayısal gösterim yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

PU parametresi, ölçülebilen göstergeler içerisinde en yüksek görelî öneme sahip olduğundan dolayı, iyileştirme yapmak amacıyla ele alınmasına ve PU için bir FMEA çalışması yapılmasına karar verilmiştir.

Kalite evi daha detaylı incelenerek farklı sonuçlar da çıkarılabilinecektir. Örneğin, müşterilerin rekabete yönelik konumlandırmalarında, köpük kriteri bakımından rakiple aradaki farkın diğerler kriterlere kıyasla daha az olduğu görülebilir. Buradan köpük kriterinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılması sonucu da çıkartılabılır. QFD bir eşzamanlı mühendislik çalışması olduğundan dolayı, işletme içindeki diğer birimlere de gönderilmelidir.

Ayrıca kalite evini oluşturan bilgilerin, ileride yapılacak kalite indeksi çalışmalarında temel alınması önerilmiştir.

6.5 EFES PİLSEN ŞİŞE NORMAL BİRA İÇİN FMEA UYGULAMASI

6.5.1 Proje Amacı

QFD ekibinin, müşteri istek ve ihtiyaçlarını gözönüne alarak oluşturduğu kalite evinin analizi sonucunda, Pareto mantığına göre ele alınması gereken bira üretimi teknik standardı olarak PU seçilmiş ve PU için bir proses FMEA'sı yapılmasına karar verilmiştir.

QFD ekibine, pastörizasyon işlemiyle ilgili teknik elemanların katılımıyla FMEA ekibi oluşturulmuştur.

6.5.2 PU'nun Tanımlanması ve PU Prosesi

PU (Pasteurisation Unit), pastörizasyon işleminin sayısal olarak ifade eden bir gösterge veya birimdir.

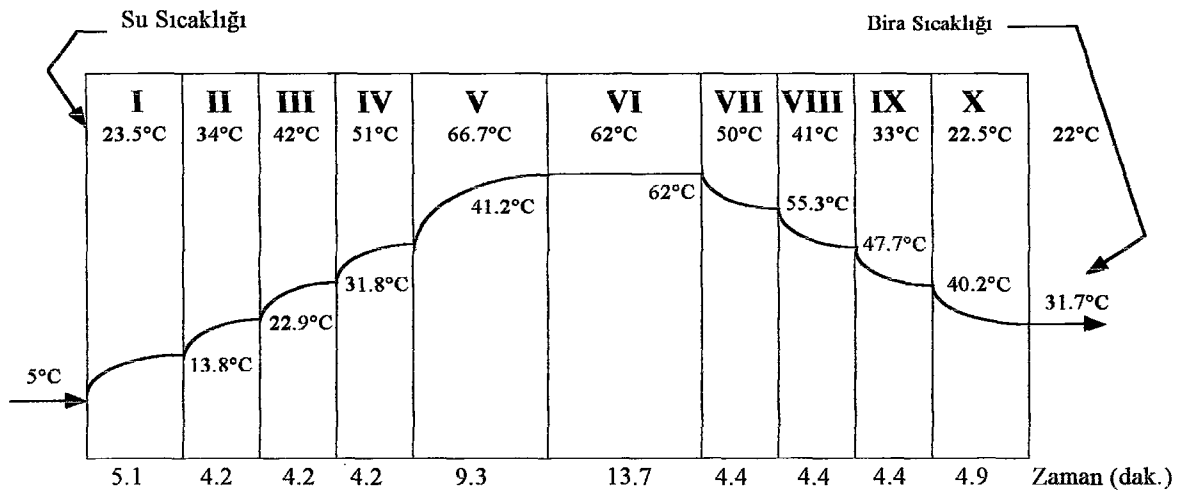
Pastörizasyon ise, birayı bozabilecek mikroorganizmaların etkisini bertaraf edecek kadar ısı vermek olarak tanımlanır.

Pastörizasyon işlemi, şişelenen ve içerisine CO₂ dozlanan ve ağzı kapatılan biranın, bantlar üzerinde pastör tüneli olarak isimlendirilen ve içerisinde bant üzerine su püskürterek biranın tat, koku ve diğer görsel unsurlarının sabitlenme işlemi (stabilizasyon veya stabilite) olarak tanımlanabilir.

PU'nun ölçülmesi ise termograf olarak isimlendirilen ve içerisinde 10 sn'de bir sıcaklık ölçümü alan ve kaydeden mikroprosesörlerin olduğu ve cihaz ile yapılır. Pastör tüneline, ilerleyen bant üzerinde ve şişelerin yanında giren termografin tünelden çıkması sonrası PU'nun hesaplanmasına ait veriler elde edilmiş olur.

PU değerini oluşturan 2 parametre ise, sıcaklık ve biranın o sıcaklık değerinde kalmış olduğu zamandır.

İşletmedeki PU tüneli, 3 ana bölümden oluşmaktadır. Aşağıdaki Şekil 6.11, bu sistemin bir modelini göstermektedir.



Şekil 6.11 Pastörizasyon İşlemi Modeli

Pastörizasyon işlemi, tünel içerisindeki IV: Bölümde yapılmaktadır. İlk 5 bölüm, dolundan soğuk gelen biranın, ani ısı değişimlerinin yaratabileceği olumsuz etkileri gidermek amacıyla hazırlık aşamasıdır. Pastörizasyon sonrası ise, soğutma işleminin yapıldığı bölümler vardır.

Pastör tüneline, hazırlık bölümlerinde kullanılan sular, pastör sonrası soğutma işleminde de kullanılacak şekilde dolaşmaktadır.

PU'nun teorik olarak hesaplanması; özellikle pastörizasyonun 60 C°' de etkisinin başladığı kabul edilir. Bu sebeble, 60 C° civarında, 1 dakika duran bira, 1 birim PU olarak adlandırılır. Bu birim zamana düşen PU değeri [L(t)],

$$L(t)=1.393^{-t/60} \text{ [PU/dak]} \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

Tablo 6.7, değişik sıcaklık değerlerindeki hesaplanan L(t)'leri göstermektedir.

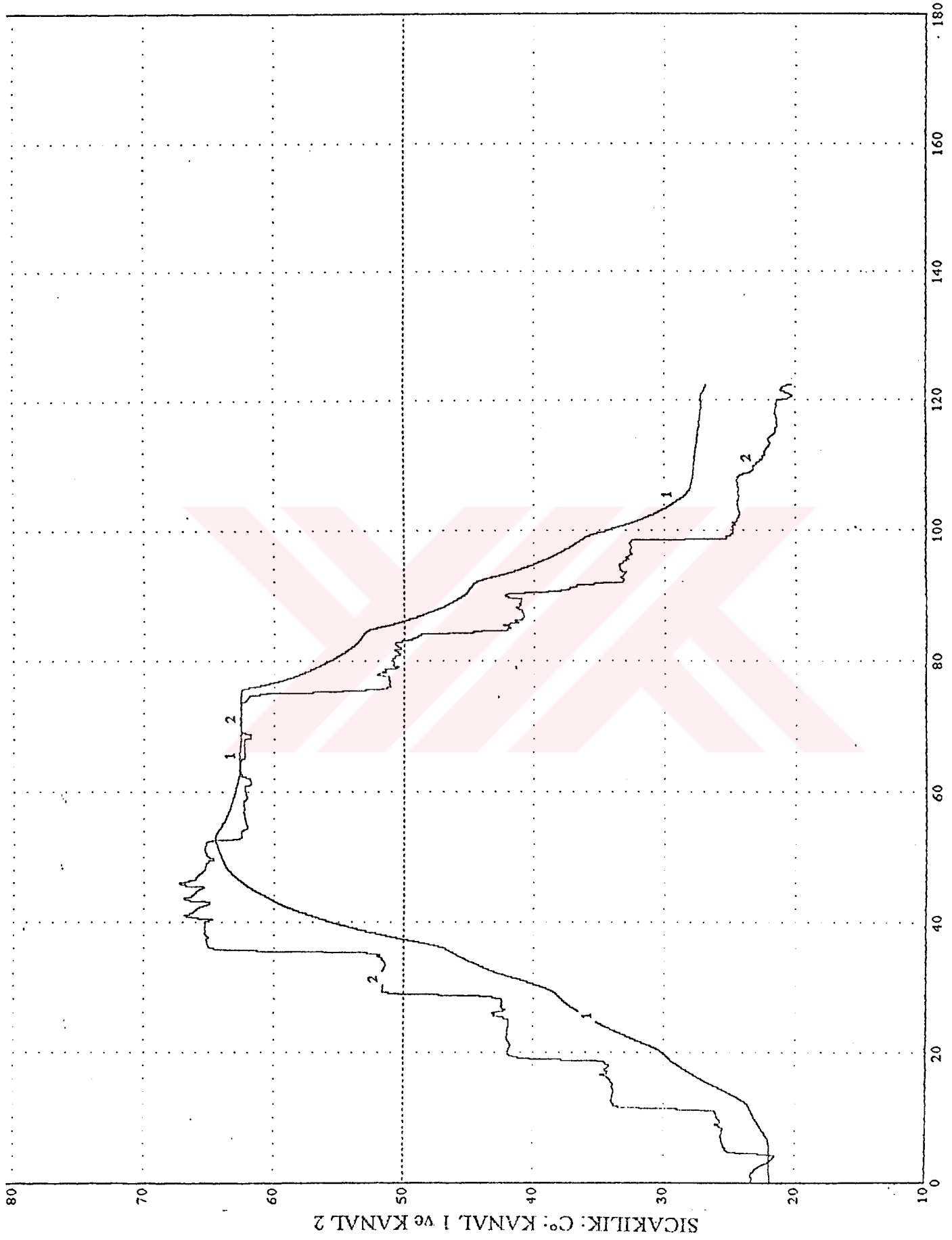
Tablo 6.7 Farklı Sıcaklıklarda L(t) Değerleri

t [C°]	L(t)	t [C°]	L(t)
57	0.37	66	7.3
57.5	0.44	66.5	8.6
58	0.52	67	10.2
58.5	0.61	67.5	12.0
59	0.72	68	14.2
59.5	0.85	68.5	16.7
60	1.0	69	19.7
60.5	1.2	69.5	23.3
61	1.4	70	27.5
61.5	1.6	70.5	32.5
62	1.9	71	38.3
62.5	2.3	71.5	45.2
63	2.7	72	53.4
63.5	3.2	72.5	63.0
64	3.8	73	74.4
64.5	4.4	73.5	87.8
65	5.2	74	104.0
65.5	6.2	74.5	122

Toplam PU ise,

$$\text{Toplam PU}=\Sigma (\text{Zaman} * 1.393^{-t/60}) \text{ formülü ile hesaplanır.}$$

Şekil 6.12'de iki farklı örneğe ait termograf çıktıları yer almaktadır. Birinci PU' değeri 96 ve ikinci PU değeri ise 156.5 olarak hesaplanmıştır. Grafikteki PU değerleri, 50 C° üzerinde kalan eğrilerin altında kalan alan olarak da tanımlanmaktadır.



Şekil 6.12 Örnek PU değerleri

6.5.3 PU'nun Fonksiyonlarının Belirlenmesi

FMEA ekibi, PU'nun birincil ve ikincil fonksiyonlarını tanımlamıştır. Bunlar aşağıda listelenmiştir.

BİRİNCİL FONKSİYON

- Birayı bozabilecek mikroorganizmaların, bira içerisinde yaşamalarını belli bir süre için ortadan kaldırma işlemi

İKİNCİL FONKSİYONLAR

- Gaz kaçağının kontrolü
- Hatalı şişelerin kontrolü

6.5.4 Risk Öncelik Göstergesinin Hesaplanması

6.5.4.1 Hata Türleri, Etkileri ve Sebeplerinin Belirlenmesi

FMEA ekibi, yaptığı beyin fırtınası sonrasında birincil ve ikincil fonksiyonlarda karşılaşılabılır hata türlerini belirlemiş, bunların müşteri ve diğer etkilerinin ne olabileceğini tartışmış ve hataların nedenlerini bulmaya çalışmıştır.

BİRİNCİL FONKSİYON HATA TÜRLERİ

HT1

- Kasalama makinasında meydana gelen duruşlar

HT2

- Paketleme makinasında meydana gelen duruşlar

HT3

- Paletleme makinasında meydana gelen duruşlar

HT4

- Etiketleme makinasında meydana gelen duruşlar

HT5

- Pastör tüneline meydana gelen arızalar

HT6

- Su püskürten memelerin tıkalı olması

HT7

- PU ölçüm cihazının (termograf) hatalı ölçüm yapması

HT8

- Pastör tüneline hatalı ayarlanması

HT9

- Pastörizasyonda kullanılan suyun istenen debi ve sıcaklıkta olmaması

İKİNCİL FONKSİYON HATA TÜRLERİ

HT10

- Kapak Hatası

HT11

- Şişe Hatası

HT12

- Standart dışı gaz dolumu

BİRİNCİL FONKSİYON ETKİLERİ

HT1

- Yüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması
- Yüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması

HT2

- Yüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması
- Yüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması

HT3

- Yüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması
- Yüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması

HT4

- Yüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması
- Yüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması

HT5

- Yüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması
- Yüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması

HT6

- Düşük PU nedeniyle stabilite yetersizliği
- Düşük PU nedeniyle tekrarlı üretim yapılması gerekirse enerji, işçilik, amortisman kayıpları

HT7

- Yanlış PU değeri elde edilmesi

HT8

- Yüksek PU değeri oluşması
- Düşük PU değeri oluşması

HT9

- Yüksek PU değeri oluşması
- Düşük PU değeri oluşması

İKİNCİL FONKSİYON HATA ETKİLERİ

HT10

- Pastör tüneline şişe biranın istenen standartta çıkmaması

HT11

- Şişenin ve yanındaki şişelerin patlaması

HT12

- Şişenin ve yanındaki şişelerin patlaması

HATA SEBEPLERİ

HT1

- Kasalama makinası ayarlarının uzun sürmesi
- Etiketleme sonrası bantların yeterli genişlikte olmaması (tolerans süresinin kısalığı)
- Kasadaki kusur nedeniyle kasalama makinasının işlemi yarım bırakması
- Kasalama makinasının mekanik veya elektrik arızası nedeniyle durması
- Malzemenin istenen miktar ve nitelikte olmaması

HT2

- Paketleme makinasının arızası
- Etiketleme sonrası bantların yeterli genişlikte olmaması (tolerans süresinin kısalığı)
- Paketleme makinasının mekanik veya elektrik arızası nedeniyle durması
- Malzemenin istenen miktar ve nitelikte olmaması

HT3

- Paletleme makinası ayarlarının uzun sürmesi

- Kasalama sonrası bantların yeterli genişlikte olmaması (tolerans süresinin kısalığı)
- Paletleme makinasının mekanik veya elektrik arızası nedeniyle durması
- Malzemenin istenen miktar ve nitelikte olmaması
- Mamül deponun paleti zamanında almaması

HT4

- Etiket makinasının ayarlarının uzun sürmesi
- Pastör sonrası bantların yeterli genişlikte olmaması
- Etiketleme makinasının mekanik veya elektrik arızası nedeniyle durması
- Malzemenin istenen miktar ve nitelikte olmaması

HT5

- Pastör makinasının mekanik veya elektrik arızası nedeniyle durması
- Pompadaki su basınçlarının yetersizliği
- Duşlama suyu sıcaklığının yetersizliği

HT6

- Temizliğin zamanında yapılmaması (Periyodik kontrollerin)
- Biranın patlaması nedeniyle biranın suyla karışması ve memelerde ısı etkisiyle tıkanmayı arttırması
- Su kalitesindeki sapmalar

HT7

- Cihaz kalibrasyonun doğru ve zamanında yapılmaması
- Sensörlerin hassasiyetinin azalması
- Probelerin yılda bir yenilenmemesi
- Akülerin yılda bir yenilenmemesi

HT8

- Operatörün uygun pastör set değerini yanlış girmesi
- Pastör makinası ısı cihazlarının (PT100) kalibrasyonlarının zamanında yapılmaması
- Formenlerin periyodik ve gerektiğinde termometreleri ve sistemi kontrol etmemesi

HT9

- Operatörün periyodik ve gerektiği zamanlarda termometreleri kontrol etmemesi
- Cihazların hassasiyetinin ve kalibrasyonunun hatalı olması
- Isı değiştirici esanjörlerin kalibrasyonlarının zamanında yapılmaması
- Pompa arızaları
- emiş süzgeçlerinin tıkanması

İKİNCİL FONKSİYON HATA ETKİLERİ

HT10

- Giriş kontrolündeki hatası
- Kapak stoklama ve taşıma hataları
- Kapak montajının hatalı olması
- Şişe ağzındaki hatalar

HT11

- Şişe cidarlarındaki zayıflık
- Giriş kontrolündeki hatası
- Şişe stoklama ve taşıma hataları
- Boş şişe kontrolündeki hatalar.

HT12

- Gaz oranının standartların üstünde dozlanması

6.5.4.2 Değerlendirme Kriterlerinin Tanımlanması

FMEA ekibi, hataların olasılık (Tablo 6.8), şiddet (Tablo 6.9) ve keşfedilebilirlikler (Tablo 6.10) için literatürde en sık kullanılan aşağıdaki değerleri kullanmayı uygun bulmuştur .

Tablo 6.8 Hata Olasılık Değerlendirme Tablosu

Olasılık	Takdir düzeyi
Çok uzak	1
Düşük	2,3
Orta	4,5,6
Yüksek	7,8
Çok yüksek	9,10

Tablo 6.9 Hata Şiddeti Değerlendirme Tablosu

Şiddet	Takdir düzeyi
Mevcut Değil	1
Düşük kritiklikte	2,3
Orta	4,5,6
Yüksek	7,8
Çok yüksek	9,10

Tablo 6.10 Keşfedilebilirlik Değerlendirme Tablosu

Keşfedilebilirlik	Takdir düzeyi
Yüksek	1
Orta	2,3,4
Düşük	5,6
Çok düşük	7,8
Olası değil	9,10

Bu tablolar kullanılarak, herbir hata türü için RÖG değerleri hesaplanmıştır ve kullanılan FMEA tabloları aşağıdadır.

6.5.5 FMEA Tablolarının Analizi

Hesaplanan RÖG değerleri içerisinde en büyük değer, RÖG 132 ile HT7 de olduğu görülmüştür. PU ölçüm cihazlarının kalibrasyonu ve haassiyetinin incelenmesi ile bir iyileştirme sağlanabileceği düşünülmektedir.

Diğer RÖG değerleri için, örneğin paketlemede meydana gelen duruşlar yüzünden biralara pastör tüneline kalmasına ve bu nedenle PU değerinin artmasına sebep olmaktadır. Duruş sürelerinin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılması gerekmektedir.

Ayrıca pastör tüneline, duruşlardan etkilenmemesi için, bira sıcaklığını aniden 60 C°'nin altına düşmesini sağlayan soğuk su alma sistemi, su kısıtı nedeniyle kullanılmamaktadır. Bu sistemin kullanılabilmesinin araştırılması ve sistemin çalışır hale getirilmesi, yüksek PU değeri elde edilmesinin önüne geçebilir.

PROSES FMEA TABLOSU																
Proses: PU		Revizyon: 01														
Proses Sorumlusu: PU Formeni		Model: normal, dönüşümlü														
Üretim Başlangıcı: ..05/1999 14:07		Kontrol: XX														
		Mevcut Koşullar				Düzeltilici Önlemler				İyileştirilen Koşullar						
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Kontrol Önlemleri	O	Ş	K	RÖG	Önerilen İyileştirmeler	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş	K	RÖG	
PU	HT1	oYüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması oYüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması			7	8	1	56								
	HT2	oYüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması oYüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması			9	8	1	72								
OLASILIK		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİK												
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	RÖG	Proje Üyeleri	Bölüm					
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	1	YÜKSEK	1			Değerlendirme							
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2, 3	2, 3	ORTA	2, 3, 4, 5										
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE	4, 5, 6	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6										
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7, 8	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8										
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9, 10	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10										

PROSES FMEA TABLOSU													
Proses: PU		Revizyon:01											
Proses Sorumlusu: PU Formeni		Model: normal, dönüşümlü											
		Kontrol: XX											
		Üretim Başlangıcı: ..05/1999 14:07											
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Kontrol Önlemleri	Mevcut Koşullar			Önerilen İyileştirmeler	Düzeltilici Önlemler		İyileştirilen Koşullar		
					O	Ş	K	RÖG	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş	K RÖG
PU	HT3	oYüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması oYüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması			3	8	1	24					
	HT4	oYüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması oYüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması			5	8	1	40					
OLASILIK		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG		Proje Üyeleri			
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Değerlendirme	Bölüm			
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	YÜKSEK	1		1						
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2, 3	ORTA	2, 3, 4, 5		2, 3, 4, 5						
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6		4, 5, 6						
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8		7, 8						
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10		9, 10						

PROSES FMEA TABLOSU													
Proses: PU		Revizyon:01											
Proses Sorumlusu: PU Formeni		Model: normal, dönüşümlü											
Üretim Başlangıcı: ..05/1999 14:07		Kontrol: XX											
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Koşullar				Düzeltilici Önlemler				İyileştirilen Koşullar	
				Kontrol Önlemleri	O	Ş	K	RÖG	Önerilen İyileştirmeler	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş K RÖG
PU	HT5	- o Yüksek PU nedeniyle tat ve koku bozulması - o Yüksek PU nedeniyle enerji sarfiyatının artması			1	10	1	10					
	HT6	- o Düşük PU nedeniyle stabilize yetersizliği - o Düşük PU nedeniyle tekrarlı üretim yapılması - o Düşük PU nedeniyle enerji, işçilik, amortisman kavunları			3	3	6	54					
OLASILIK		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG		Proje Üyeleri		Bölüm	
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	YÜKSEK	1	YÜKSEK	1	Değerlendirme	1	Değerlendirme			
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2, 3	ORTA	2, 3, 4, 5	ORTA	2, 3, 4, 5						
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6						
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8						
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10						

PROSES FMEA TABLOSU														
Proses: PU		Revizyon:01												
Proses Sorumlusu: PU Formeni		Model: normal, dönüşümlü Kontrol: XX												
Üretim Başlangıcı:		..05/1999 14:07												
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Koşullar				Düzeltilici Önlemler			İyileştirilen Koşullar			
				Kontrol Önlemleri	O	Ş	K	RÖG	Önerilen İyileştirmeler	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş	K
PU	HT7	o Yanlış PU değeri elde edilmesi			3	6	7	126						
	HT8	o Yüksek PU değeri oluşması o Düşük PU değeri oluşması			7	8	1	56						
OLASILIK		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG	Proje Üyeleri		Bölüm			
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme							
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	1	YÜKSEK	1								
DÜŞÜK	2,3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2,3	2,3	ORTA	2,3,4,5								
ORTA	4,5,6	ORTA KRİTİKLİKTE	4,5,6	4,5,6	DÜŞÜK	4,5,6								
YÜKSEK	7,8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7,8	7,8	ÇOK DÜŞÜK	7,8								
ÇOK YÜKSEK	9,10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9,10	9,10	OLASI DEĞİL	9,10								

PROSES FMEA TABLOSU													
Proses: PU		Revizyon:01											
Proses Sorumlusu: PU Formeni		Model: normal, dönüşümlü											
Üretim Başlangıcı: ..05/1999 14:07		Kontrol: XX											
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Mevcut Koşullar				Önerilen İyileştirmeler	Düzeltilici Önlemler		İyileştirilen Koşullar		
				Kontrol Önlemleri	O	Ş	K	RÖG	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş	K RÖG
PU	HT9	o Yüksek PU değeri oluşması o Düşük PU değeri oluşması			1	10	1	10					
	HT10	o Pastör tünelinden şişe biraanın istenen standartta çıkarmaması			2	7	2	28					
OLASILIK		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG		Proje Üyeleri			
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Değerlendirme	Bölüm			
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	YÜKSEK	1		1						
DÜŞÜK	2,3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2,3	ORTA	2,3,4,5		2,3,4,5						
ORTA	4,5,6	ORTA KRİTİKLİKTE	4,5,6	DÜŞÜK	4,5,6		4,5,6						
YÜKSEK	7,8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7,8	ÇOK DÜŞÜK	7,8		7,8						
ÇOK YÜKSEK	9,10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9,10	OLASI DEĞİL	9,10		9,10						

PROSES FMEA TABLOSU																
Proses: PU			Revizyon:01													
Proses Sorumlusu: PU Formeni			Model: normal, dönüşümlü													
Üretim Başlangıcı: ..05/1999 14:07			Kontrol: XX													
				Mevcut Koşullar				Düzeltilici Önlemler			İyileştirilen Koşullar					
Proses Adımı	Hata Türü	Hata Etkileri	Hata Sebepleri	Kontrol Önlemleri	O	Ş	K	RÖG	Önerilen İyileştirmeler	Tamamlama Planı ve Sorumluluk	Tamamlanan Önlemler ve Tarihi	O	Ş	K	RÖG	
PU	HT11	o- Şişenin ve yanındaki şişelerin patlaması			1	10	2	20								
	HT12	o- Şişenin ve yanındaki şişelerin patlaması			4	10	1	40								
OLASILIK		ŞİDDET			KEŞFEDİLEBİLİRLİK				RÖG			Proje Üyeleri			Bölüm	
Değerlendirme	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin	Tahmin	Değerlendirme	Tahmin			Değerlendirme							
ÇOK UZAK	1	MEVCUT DEĞİL	1	1	YÜKSEK	1										
DÜŞÜK	2, 3	DÜŞÜK KRİTİKLİKTE	2, 3	2, 3	ORTA	2, 3, 4, 5										
ORTA	4, 5, 6	ORTA KRİTİKLİKTE	4, 5, 6	4, 5, 6	DÜŞÜK	4, 5, 6										
YÜKSEK	7, 8	YÜKSEK KRİTİKLİKTE	7, 8	7, 8	ÇOK DÜŞÜK	7, 8										
ÇOK YÜKSEK	9, 10	ÇOK YÜKSEK KRİTİKLİKTE	9, 10	9, 10	OLASI DEĞİL	9, 10										

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bugünkü global rekabet ortamında, hayatta kalmak ve daha iyiye gitmek için artık kalitenin kaçınılmaz olduğu kesindir. İşletmeler bu nedenle organizasyonlarını hızla Toplam Kalite Yönetimi felsefesine ötelemek istemektedirler hatta zorunludurlar.

Toplam Kalite'nin temel unsurları ise,

- Müşteri odaklı olması
- Takım çalışması ruhunun benimsenmesi
- Eğitim
- Sürekli Gelişimdir

Toplam Kalite çabaları, işletmelerin hızla yeni kalite tekniklerini kullanmalarına neden olmuştur. Bu tekniklerin en başında eşzamanlı mühendislik çalışmaları gelir.

Toplam Kalite anlayışını bir yaşam biçimi olarak kabul eden ve değişen pazar şartlarına ayak uydurabilmenin müşteri mutluluğundan geçtiğini kalite politikası olarak açıklayan Erciyas Bİracılık A.Ş'de, toplam kalitenin yukarıdaki temel unsurlarını kapsayan bir entegre yaklaşım uygulanması öngörülmüştü.

QFD, FMEA ve DOE'nin birbirini izleyen ve herbirinden elde edilen bilgilerin diğeri için veri olduğu bu yaklaşım, müşteriyi en çok memnun edecek süreç iyileştirmelerinin belirlenmesi olarak kısaca tarif edilebilir.

Bu entegre yaklaşımın avantajları şunlardır.

- Müşteri odaklıdır
- Marjinal faydası yüksek iyileştirmelere yöneltir ve bu nedenle ekonomiktir
- Takım çalışmasını güçlendirir

- İçeriğinde bir çok bilgiyi saklar

Yapılan uygulamada, özellikle müşteri isteklerinin doğru olarak anlaşılmasına önem verilmiştir. Doğru olarak saptanacak müşteri istek, ihtiyaç ya da beğenileri, bundan sonraki tüm kalite, pazarlama veya diğer işletme fonksiyonlarında kullanılabilir nitelikte bir bilgidir.

QFD alışması sonrasında, Efes Pilsen şişe Normal bira için bir kalite evi oluşturulmuştur. Literatürdeki QFD uygulamalarının aksine, QFD alışması devam ettirilmemiş, buradan seçilen en önemli bira üretimi teknik standardı üzerinde FMEA çalışmasına geçilmiştir.

QFD'nin tek adım olarak işletilmesinin sebebi, QFD'nin ilerleyen aşamalarında gittikçe müşteriden uzaklaşılması, teknik parametreler içerisinde, müşterilerin sesinin boğulup gitmesi olarak anlaşılmalıdır.

Bu aşamadan sonra yapılan bir FMEA alışması ile müşterinin sesini temsil eden bir parametrenin iyileştirileceği belirlenmiştir.

nc aşama olarak öngörülen deneysel tasarım modülü ise, zaman kısıtı nedeniyle gerçekleştirilememiştir.

Buna rağmen FMEA sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda yapılacak iyileştirme çabalarının, müşteri memnuniyetini en yüksek oranda arttıracaağı kesindir.

FMEA alışmaları sırasında dolum ekibinin sistemi detaylı incelemeleri ve bazı set değerleri üzerinde çalışmalar yapmaları sonucunda 3 aylık ortalama olan 70 PU değeri 50 civarına indirilmiştir.

Yapılan FMEA ile pastörizasyon işleminde iyileştirmeler ve öneriler elde etmek amacıyla doğal çözüm takımları kurulmuştur.

Özellikle elde edilen kalite evi, işletmenin her departmanın kendinden birşeyler bulabileceği, işine yarayacak bilgiler içeren bir anahtar döküman olarak kabul edilmelidir.



EK A - L16 TABLOSU

L16 HESAP TABLOSU

Standard	Y	A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD	ABCD	
Sıra	Değeri	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
Toplam																	
Sayı	16	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Ortalama																	
Etki																	
Sıra																	

F TABLOSU

F 05, v1, v2

EK B- F TABLOLARI

v ₁ \ v ₂		Serbestlik Derecesi																		
v ₁	v ₂	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	249.5	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.55	2.55	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

SERBESTLIK DERECESİ

F TABLOSU

F_{01,v1,v2}

v ₁	v ₂	Serbestlik Derecesi																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	50	120	∞
1	4052	4999.5	5403	5625	5764	5859	5928	5982	6022	6056	6106	6157	6209	6235	6261	6287	6313	6339	6366	
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50	
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.00	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13	
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46	
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.20	9.11	9.02	
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.06	6.97	6.88	
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65	
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86	
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31	
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91	
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60	
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36	
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17	
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00	
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87	
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75	
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65	
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57	
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.49	
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42	
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36	
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31	
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26	
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21	
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17	
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13	
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10	
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06	
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03	
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01	
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80	
60	7.08	4.98	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60	
120	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38	
∞	6.63	4.61	3.78	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00	

SERBESTLIK DERECESİ

EK C- TASARIM DÖNÜŞTÜRÜCÜLERİ

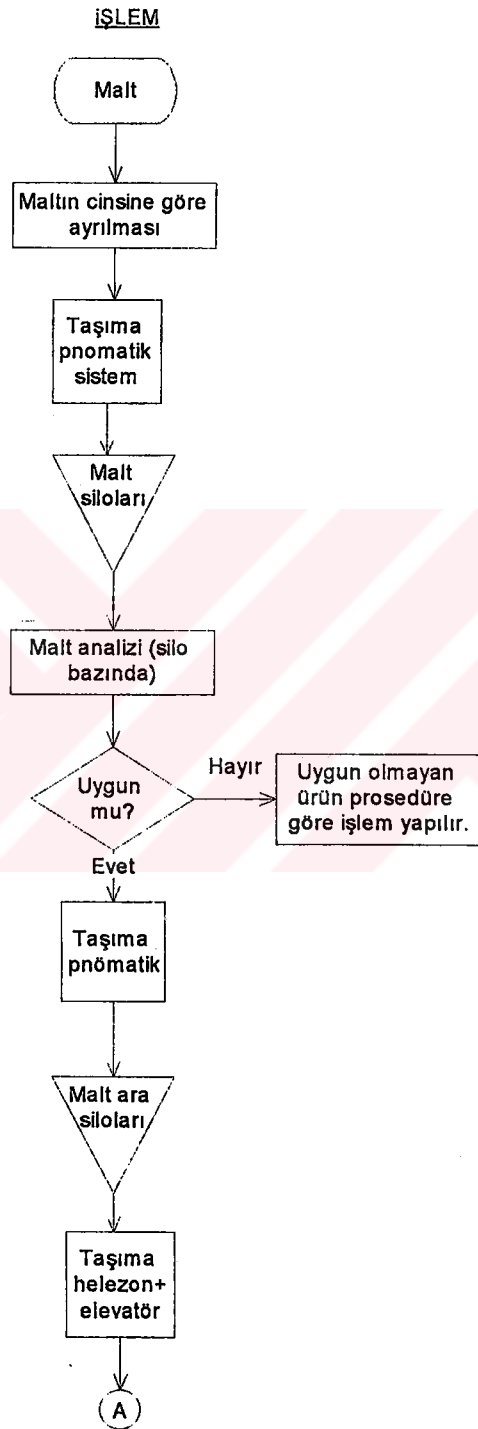
Number of Factors k	Fraction $k-p$	Number of Runs	Design Generators
8	2^{8-2}	64	G = ABCD
			H = ABEF
	2^{8-3}	32	F = ABC
			G = ABD
			H = BCDE
			E = BCD
	2^{8-4}	16	F = ACD
			G = ABC
9	2^{9-2}	128	H = ABD
			H = ACDFG
			J = DCEFG
	2^{9-3}	64	G = ABCD
			H = ACEF
			J = CDEF
	2^{9-4}	32	F = BCDE
			G = ACDE
			H = ABDE
	2^{9-5}	16	J = ABCE
			E = ABC
			F = BCD
			G = ACD
			H = ABD
			J = ABCD

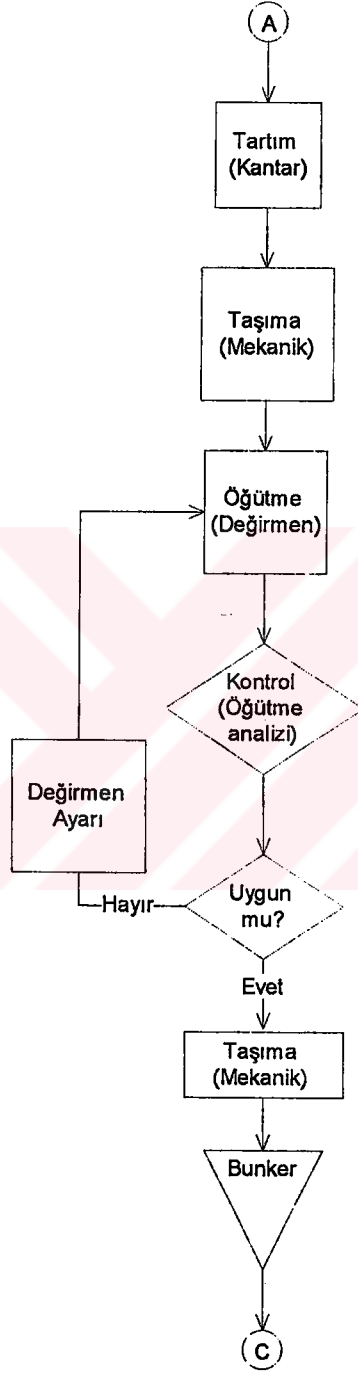
Number of Factors k	Fraction $k-p$	Number of Runs	Design Generators
3	2^{3-1}	4	C = AB
4	2^{4-1}	8	D = ABC
5	2^{5-1}	16	E = ABCD
	2^{5-2}	8	D = AB
			E = AC
6	2^{6-1}	32	F = ABCDE
	2^{6-2}	16	E = ABC
			F = BCD
			D = AB
	2^{6-3}	8	E = AC
			F = BC
7	2^{7-1}	64	G = ABCDEF
	2^{7-2}	32	F = ABCD
			G = ABDE
			E = ABC
	2^{7-3}	16	F = BCD
			G = ACD
			D = AB
	2^{7-4}	8	E = AC
			F = BC
			G = ABC

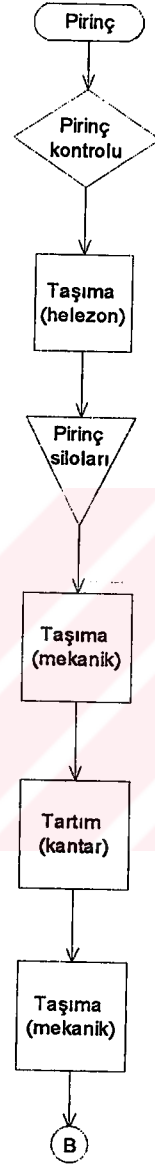
Number of Factors k	Fraction $k-p$	Number of Runs	Design Generators
10	2^{10-3}	128	H = ABCG
			J = ACDE
			K = ACDF
			G = BCDF
	2^{10-4}	64	H = ACDF
			J = ABDE
			K = ABCE
			F = ABCD
	2^{10-5}	32	G = ABCE
			H = ABDE
	2^{10-6}	16	J = ACDE
			K = BCDE
			E = ABC
			F = BCD
	2^{10-7}		G = ACD
			H = ABD
			J = ABCD
			K = AB

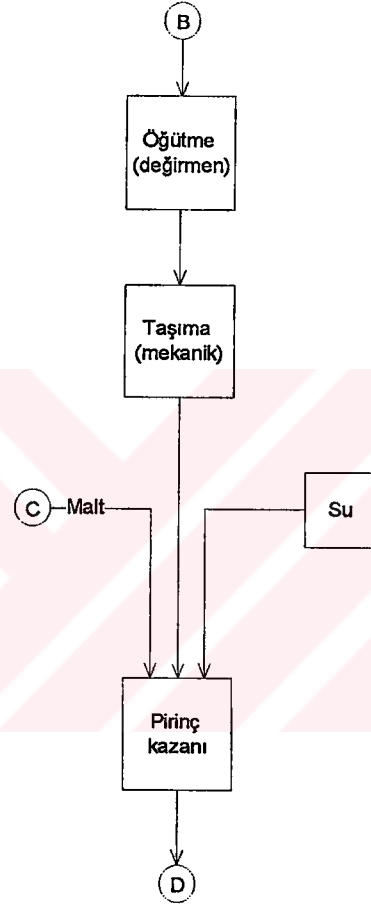
Number of Factors k	Fraction $k-p$	Number of Runs	Design Generators
11	2^{11-5}	64	G = CDE
			H = ABCD
			J = ABF
			K = BDEF
	2^{11-6}	32	L = ADEF
			F = ABC
			G = BCD
			H = CDE
	2^{11-7}	16	J = ACD
			K = ADE
	2^{11-8}		L = BDE
			E = ABC
			F = BCD
			G = ACD
	2^{11-9}		H = ABD
			J = ABCD
			K = AB
			L = AC

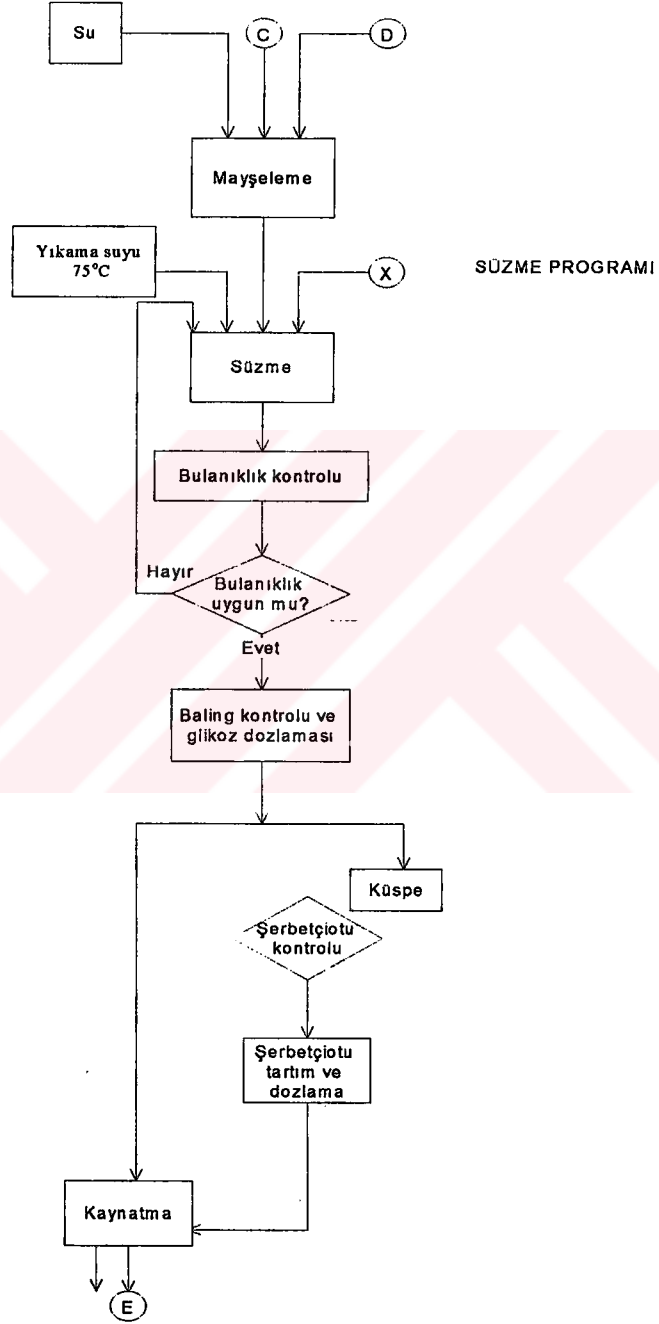
EK D- PROSES AKIŞ ŞEMASI

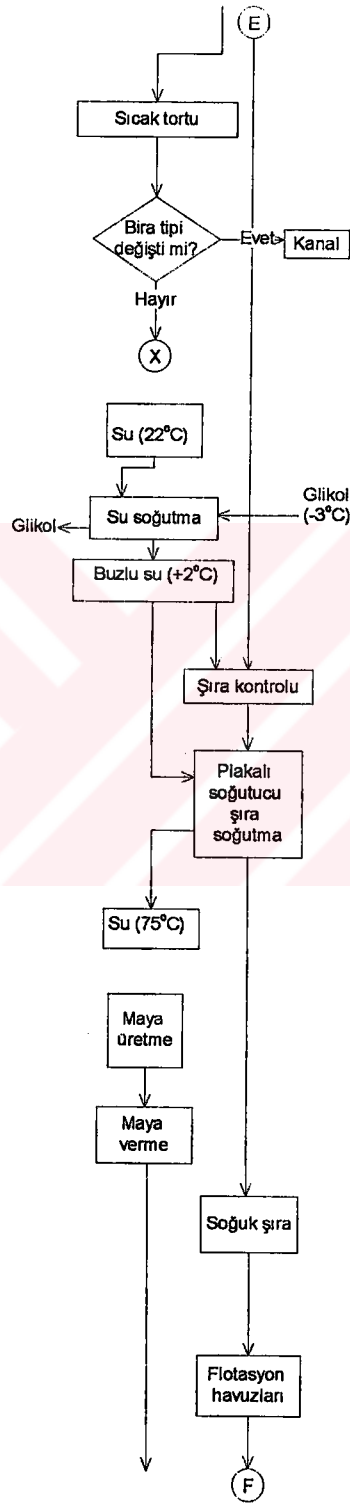


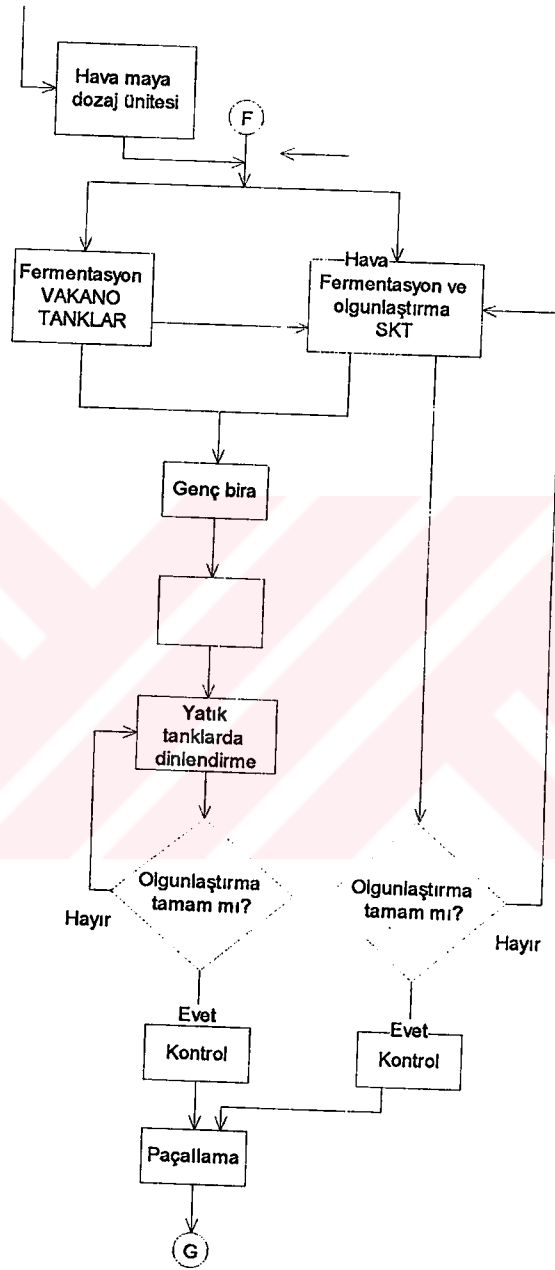


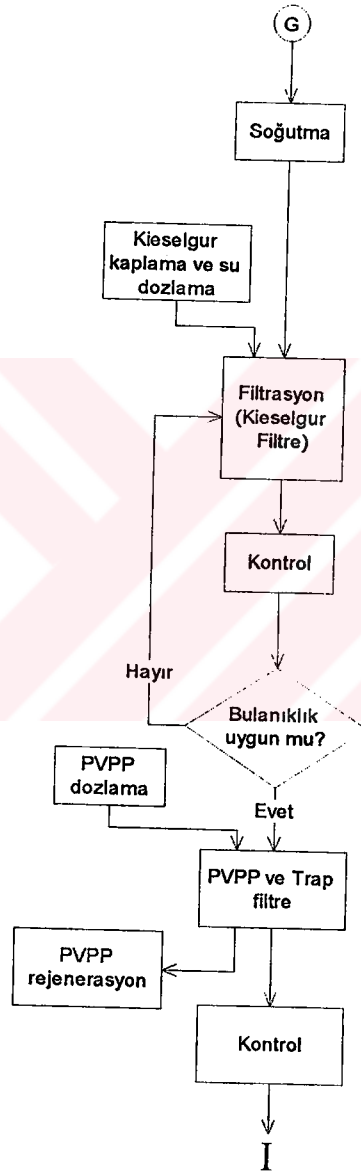


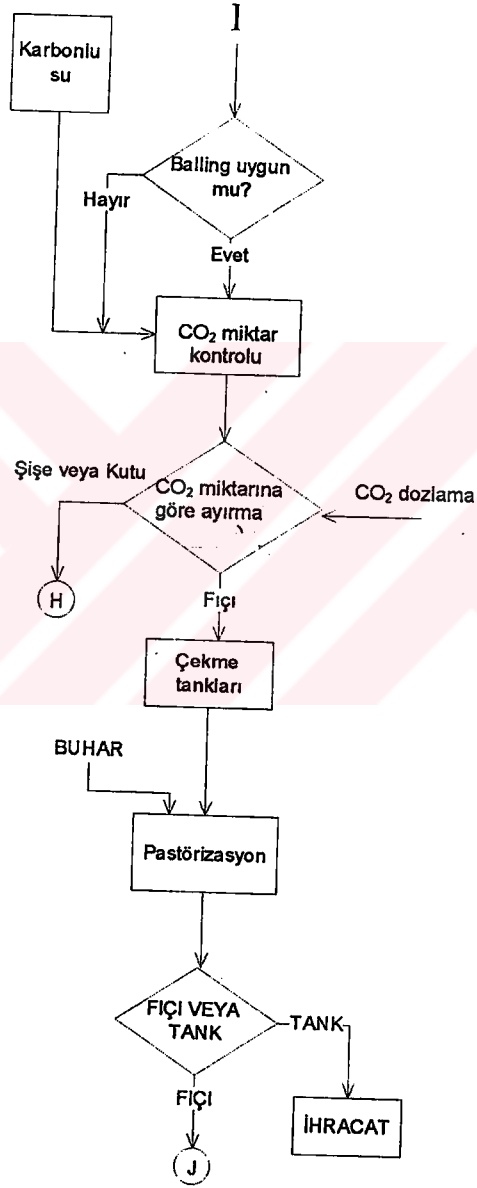


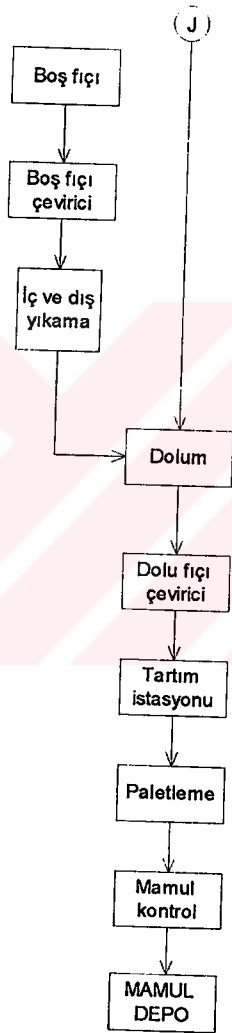


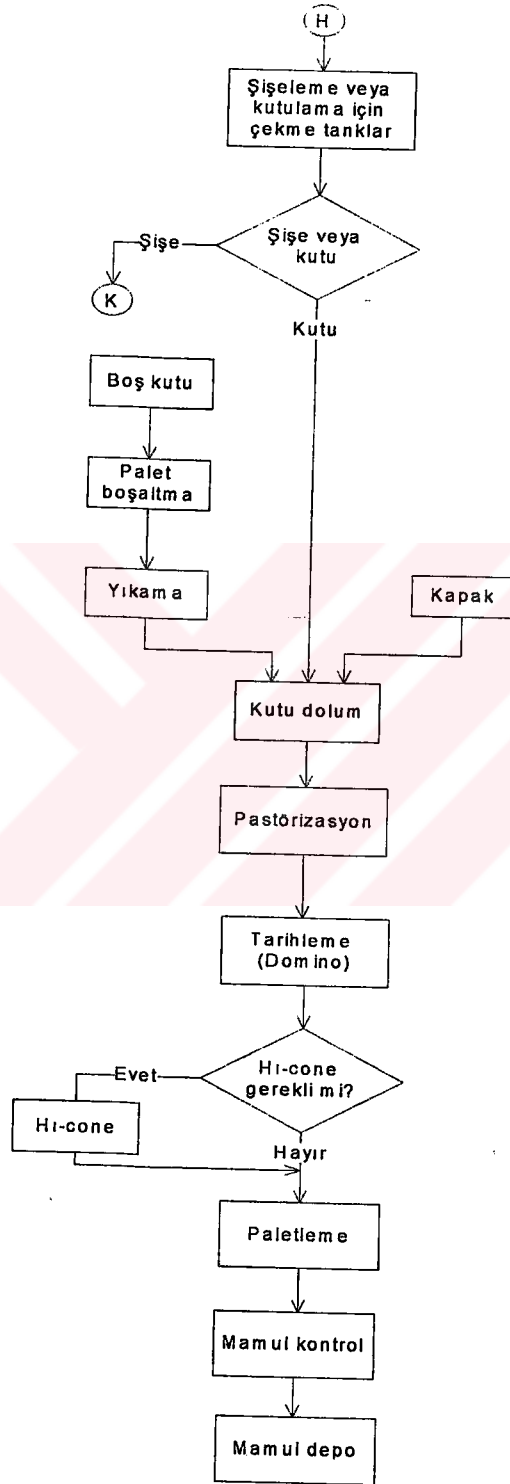


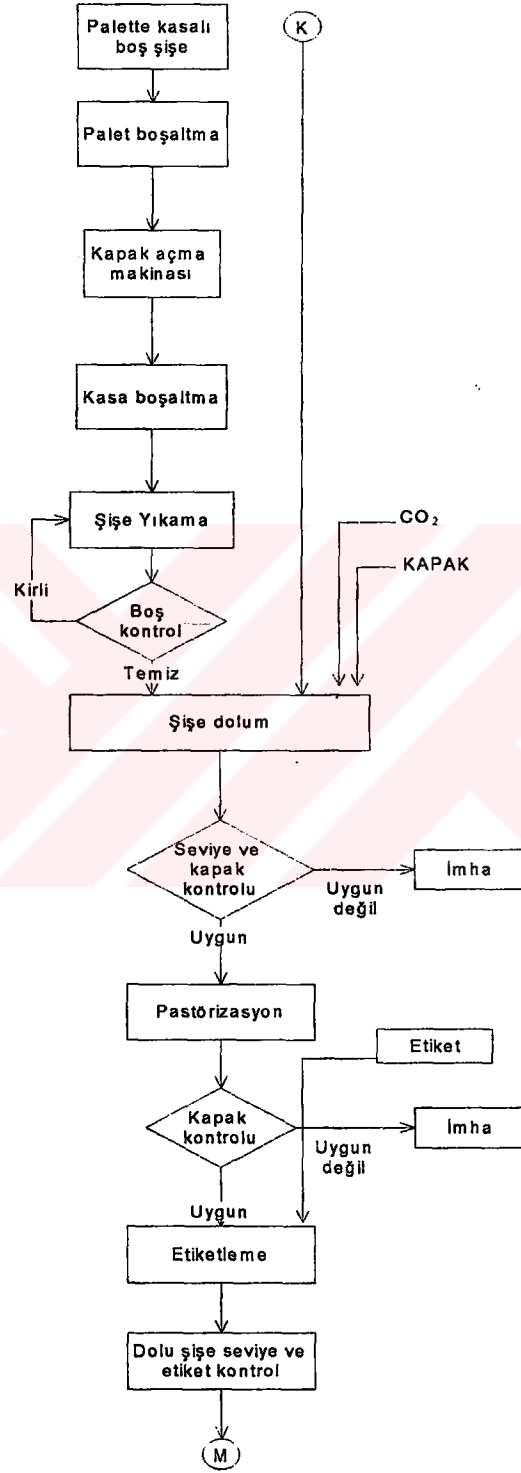


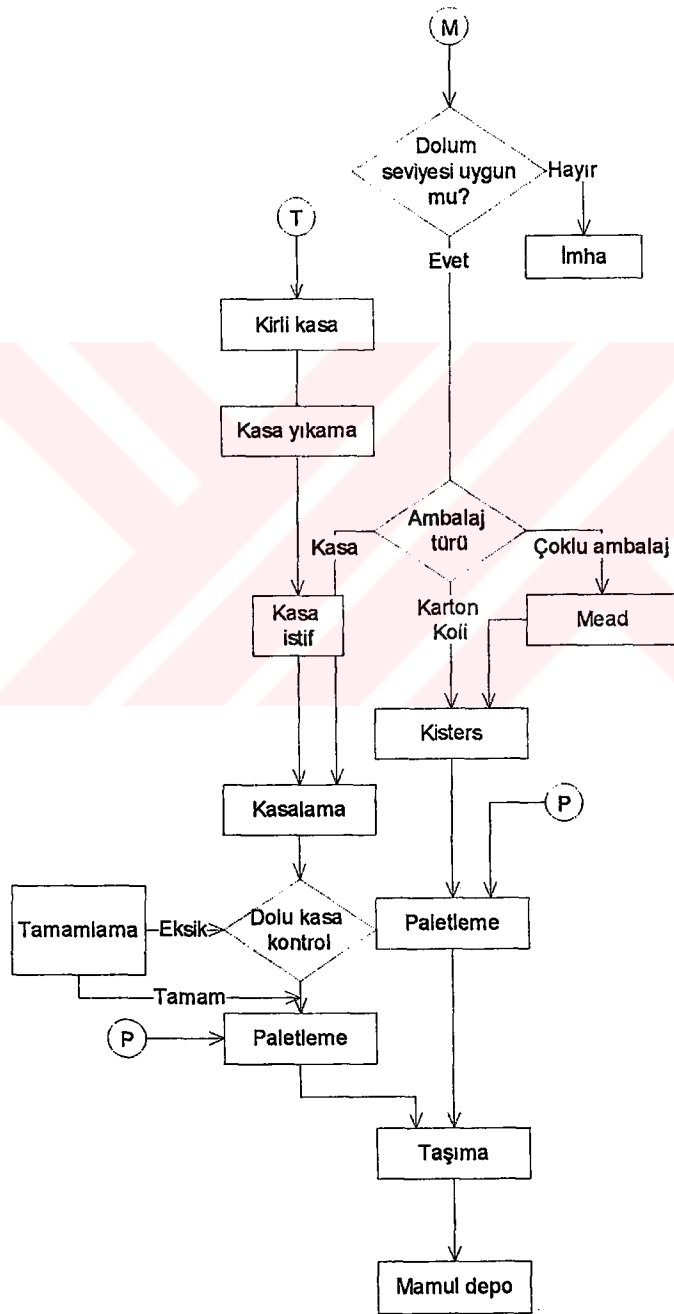












EK E-FOCUS ÇALIŞMASI AKIŞ PLANI

1. Tanışma ve grubun amacı

2. Bira içme alışkanlıkları

- Birayı ne sıklıkta, günün hangi saatlerinde, hangi ortamlarda içersiniz?
- Birayı sade mi içersiniz? Yanında birşey yermisiniz? Neden?
- Biraya yakışan yiyecekler sizce nedir? Neden?
- Birayla yemeği düşünmediğiniz yiyecekler nelerdir? Neden?
- Birayı yanında birşey yemeden içtiğinizde ne fark olur? (tat bakımından)

3. Biradan beklenen ürün nitelikleri

- İyi bir bira nasıl olmalıdır? Tat, koku, köpük, içim kolaylığı, tat sertliği, bira içim sıcaklığını irdeler
- Bu nitelikler arasında en önemlileri nelerdir?
- Bütün nitelikleri önem derecesine göre sıralayınız.

4. Biranın özelliklerinin tanımı

- Biranın kokusu neye benziyor? Size neyi hatırlatıyor? (Tatlımsı,acı,ispirto kokusu, ekmek, meyva kokusu, şerbet kokusu vb.. veya şerbetçiotu, maya gibi hissedilmesi beklenen kokular)
- Birayı ağzınızla ilk temas ettirdiğinizde nasıl bir his uyanıyor? Ağzınıza yayılıyor mu, yoksa temas ettiği noktada kalıyor mu? (Yayılıyor cevabı bekleniyor. Bu dolgunluğu gösteriyor.
- İlk temasta tuzluluk tadı var mı?
- İlk temasta acılık var mı? Bu acılık neye benziyor? (Sade türk kahvesi, şekersiz çay..)

- Biradan bir yudum alıp ağzınızda dolaştırdığınızda ne hissediyorsunuz? (Değişik bir tat – malt tadı- , rahatsız eden bir tat, hoşunuza giden bir tat – şerbetçiotu-, eskik ya da fazla olan yerleri var....gibi cevaplar beklenmektedir)
- Fresh, ferahlatma hissi, keskinlik, tazelik hissediyor musunuz?
- Birayı yuttuktan sonra boğazınızda ne hissediyorsunuz? Acılık ise bu kalıcı mıdır, sertlik midir ?Yanma hissediliyor mu? (Cola, soda yakıcılığını yoksa öksürük şurubu yakıcılığı mı?)
- Birada köpük isteniyor mu? İstemiyorsanız neden?
- Ekşimsilik, tatlılık, burukluk hissediyor musunuz?
- Ağzınızda kalıcı bir tat bırakıyor mu?
- Kağıt tadı var mı?

KAYNAKLAR

- ACAR, N. (1995)**, Kalite Fonksiyon Göçerimi - Kalite Evi", I.Uluslararası Pazarlama Sempozyumu- Pazarlama ve Kalite, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayını
- AKAO, Y. (1988)**, Quality Function Deployment, Cambridge, Japan Standarts Association
- AKIN, B. (1989)**, "Kalite Geliştirme ve Sürekli Gelişim", Kalite Dergisi Sayı:4, Şişecam Sanayi Mühendisliği
- AMDEC (1992)**, Uygulama Seminer Notları, Oyak-Renault A.Ş., Sapanca
- AMES, B.C. & HLAVECK, J.D.(1984)**, Managerial Marketing for Industrial Firms, Random House Business Division, New York
- AYDIN, E. (1998)**, Kalite Geliştirmede Yeni Yöntemler ve Uygulamaları, İ.T.Ü Yük.Lisans Tezi
- AYDIN, E. M. (1994)**, "Taguchi Deneysel Tasarım Metodu ve Segman Sanayiinde Bir Uygulama", Standart Dergisi Ekim/94
- BERKER, A.C. (1998)**, "Vitra'da QFD Uygulaması", 7.Ulusal Kalite Kongresi-Tebliğler, KALDER
- BOZKURT, R. (1994)**, "Toplam Kalite Yönetim Sistemi", Verimlilik Dergisi 94/4
- BOZKURT R. & ODAMAN A. (1994)**, "Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Kalite Güvence Sisteminin Kurulması", Verimlilik Dergisi, 95/4
- BURNAK, N. (1995)**, Kalite Kontrol Ders Notları, Osmangazi Üniversitesi
- ÇİĞDEM, S. (1994)**, Hata Türü ve Etkileri Analizi, Koç Holding A.Ş. Eğitim ve Geliştirme Merkezi Yayınları
- DALE, B. (1994)**, "Managing Quality", Printince Hall International, United Kingdom
- DAY, R.G. (1997)**, Kalite Fonksiyon Yayılımı: Bir Şirketin Müşterileri ile Bütünleştirilmesi, Marshall Boya

DEMİRDÖĞEN, O.(1998), “Kalite Yönetiminde Taguchi Tekniklerinin Kullanılması”, Önce Kalite Dergisi, KALDER, Haziran-Temmuz 98

ENGİN, O. (1997), Üretim Sistemlerinde Kalite Mühendisliği ve Uygulamaları, İ.T.Ü. Yüksek Lisans Tezi

FRIGON, L.N. & MATHEWS, D. (1997), Practical Guide to Experimental Design, John Wiley & Sons Inc.

GARVIN, D.A. (1987), “Competing on Eight Dimension of Quality”, Harvard Business Review, Nov-Dec/87

GERSTENBERG H. & UHLIG R. (1998), “Birada Tadsal Kalite Sapmaları”, Brauwelt Dergisi, 51/52

GITLOW, H.S. (1989), Tools and Methods for the Improvement of Quality, Irwin, Homewood IL.

GÖZLÜ, S. (1990), Endüstriyel Kalite Kontrolü, İ.T.Ü. Sayı:1416

GRANT, L.E. & LEAVEVORTH, R.S. (1996), Statistical Quality Control, Edition7th, New York : McGraw-Hill Co. Inc.,

GÜLDOĞAN M. KURGAN A., NEBOL G. (1996), “Arçelik’te QFD Uygulaması”, 5.Ulusal Kalite Kongresi, Tebliğler, KALDER

HAUSER, J.R. & CLAUSING, D. (1988), “The House of Quality”, Harvard Business Review, May-June/88

IMAI, M. (1994), Kaizen: Japonya’nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı, BRİSA

İKİZ, F. & PÜSKÜLCÜ, H. (1986), İstatistiğe Giriş, Ege Üniversitesi Yayınları No:1, İZMİR

MAXWELL, S. & DELANEY, H. (1990), Designing Experiments and Analyzing Data, Brooks/Cole, California

McDERMOTT, R. E. (1996), The Basics of FMEA, New York, McGrawHill Co. Inc.

MIL-STD 1629A (1984), Procedures for performing a Failure Mode Effects and Critically Analysis, Departmant of Defence, USA (revizyon)

MIZUNO, S. (1988), Management for Quality Improvement: The Seven New Tools, Productivity Press, Portland Oregon

- NAKTİYOK, A. (1996),** “Toplam Kalite Yönetimi”, Standart Dergisi, Haziran /96
- ODABAŞ, A. (1996),** “Bir Çevre Yönetim Sistemi Yaklaşımı”, Önce Kalite Dergisi, KALDER, Çevre Özel Sayısı
- PIAR-GALLUP, (1998),** Türkiye Bira Pazarında Bira Tüketici Tutum ve Davranışları Araştırması, Ağustos 98
- PRASAD, S. (1990),** “Improving Manufacturing Reliability in IC Package Assembly Using FMEA Technique”, IEEE 356-360
- ROSS, P.J. (1988),** Taguchi Techniques for Quality Engineering, McGraw-Hill
- SAHNI, A. (1993),** “Using FMEA to Improve Manufacturing Process”, Journal Medical Device & Diagnostic
- SHILLITO, M.L. (1994),** Advanced QFD: Linking Technology to Market and Company Needs, John Wiley & Sons Inc.
- SHORES, A.R. (1988),** Survival of the Fittest: Total Quality Control and Management Evaluation, Milwaukee, Quality Press
- STAMATIS, D.H. (1995),** FMEA from theory to Execution, ASQC Quality Press, Wisconsin
- STEBBING, L. (1989),** “Quality Assurance: The Route to Efficiency&Competitiveness” Quality Progress, March/89
- SULLIVAN, L. P. (1989),** “Quality Function Deployment”, Quality Progress June/89
- ŞEKEROĞLU, Ö. (1996),** “Kalite Yönetiminin Sistem Araçlarına Bakış”, YA/EM’96
- ŞİRVANCI, M. (1995),** Kalite Geliştirmede Deney Tasarımı ve Taguchi Yöntemi, Eğitim Semineri Notları, Arçelik
- ŞİRVANCI, M. (1997),** Kalite İçin Deney Tasarımı, Literatür Yayıncılık, İstanbul
- TAPTIK, Y. & KELEŞ, Ö. (1998),** Kalite Savaş Araçları, KALDER Yayınları No:23, İSTANBUL
- TKY-Ar.Kom, (1994)** İTÜ -Toplam Kalite Yönetimi Araştırma Komitesi
- ÜNSAL, S.H. (1997),** “Eşzamanlı Mühendislik”, Önce Kalite Dergisi, KALDER

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında İzmir’de doğdu. 1991 yılında Karşıyaka Gazi Lisesi’nden, 1996 yılında ise Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı- Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans programına başladı. Yabancı dil olarak İngilizce bilmektedir.

