

**MERMER İŞLEME TESİSLERİNDE
KALİTE MALİYETLERİNE BAĞLI
ÜRETİM OPTİMİZASYONU**

Özgür Akkoyun

**Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
DOKTORA TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.**

Danışman: Yard. Doç. Dr. Hüseyin ANKARA

Şubat-2006

**PRODUCTION OPTIMIZATION
DEPENDING ON QUALITY COSTS
IN MARBLE FACTORIES**

Özgür Akkoyun

**Eskişehir Osmangazi University
The Institution of Natural and Applied Sciences
Ph.D. THESIS
The Department of Mining Engineering**

Supervisor : Yard. Doç. Dr. Hüseyin ANKARA

February-2006

Özgür AKKOYUN'un DOKTORA Tezi Olarak Hazırladığı "Mermer İşleme Tesislerinde Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Optimizasyonu" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Üye: Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER

Üye: Prof. Dr. Adnan KONUK

Üye: Prof. Dr. Birol ELEVLI

Üye : Yard. Doç. Dr. Haydar ARAS

Üye : Yard. Doç. Dr. Hüseyin ANKARA

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Abdurrahman KARAMANCIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Bu çalışmada mermer işleme tesisleri üretim sistemi ayrıntılı olarak incelenmiştir. Mermer işleme tesisleri üretim sistemi üretim adımlarına ayrılarak, bu adımlarda meydana gelen faaliyetlerin maliyetleri hesaplanabilir basit eşitlikler haline getirilmiştir.

Bu eşitlikler kullanılarak doğal taş işleme tesisleri üretim sistemleri içerisinde ortaya çıkan kalite maliyetleri tespit edilip sınıflandırılmıştır. Ayrıca üretim sistemi kalite maliyetleri açısından optimizasyona tabi tutulmuş ve bu optimizasyona bağlı olarak bir üretim planlaması önerilmiştir.

Çalışmada ayrıca mermer işleme tesislerinde üretim kontrolünde kullanılmak üzere geliştirilen bir bilgisayar yazılımı tanıtılmıştır. Yazılım kullanılarak her türlü üretim faaliyetinin maliyeti, kalite maliyetleri ve toplam maliyetler ayrıntılı olarak hesaplanabilmekte ve sistem yazılım içerisine yerleştirilen istatistiksel proses kontrolü gibi kontrol araçları ile kontrol edilebilmektedir.

Mermer işleme tesisleri üretim sistemi içerisinde ortaya çıkan kalite maliyetleri klasik muhasebe kayıtları içerisinde gösterilememekte, kalite maliyetleri diğer maliyet kalemleri arasında gizli kalmaktadır. Kalite maliyetlerini muhasebe kayıtlarında göstermek için muhasebe kayıt sisteminde bazı değişiklikler yapılmış ve bu maliyetlerin yazılımda gösterilmesi için bir pencere eklenmiştir. Kalite maliyetleri ortaya çıkarıldıktan, sınıflandırıldıktan ve kayıt altına alındıktan sonra kalite maliyetlerine bağlı bir üretim sistemi optimizasyonu kullanılmış ve toplam maliyetlerde düşüş sağlayan bir üretim planlaması önerilmiştir. Optimizasyonu gerçekleştirmek için programdan LINGO paket programına bağlantılar kurulmuştur.

SUMMARY

In this study, natural stone processing plants were investigated. The whole production of natural stone processing plants was divided into small production steps, by means of this process, production costs occurred in these steps were expressed as simple mathematical equations.

Using these equations, overall production and quality cost properties related to production systems of natural stone factories were found out and classified. Also that quality costs were optimized and related to this optimization a production plan was offered.

In addition, a computer program developed for production control in marble processing plants was introduced. By using this software every production costs, quality costs and total costs can be calculated and production system can be controlled by control tools located in the software, such as statistical process control tool.

In general, quality costs that occurs in the production system of marble factories aren't shown in accounting record systems. Thus, costs of quality are hidden by other cost titles. In order to show quality costs in accounting system, some modifications were done and to show these costs in the software, a window was added.

After calculating, classifying and recording the quality costs, an optimization of production system depending on the quality costs was utilized and a production plan which reduces total costs was offered. In order to realize optimization, LINGO professional software and it's dynamic link library files (*.dll) were used.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmasının gerçekleştirilmesi süresince her türlü yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Güner ÖNCE'ye, Prof. Dr. Hüseyin ÖZDAĞ'a, Prof. Dr. Bahtiyar ÜNVER'e, Prof. Dr. Fikri KAHRAMAN'a, Doç. Dr. Kemal BİLİR'e, Doç. Dr. Hürriyet AKDAŞ'a, Yard. Doç. Dr. Mustafa AYHAN'a, okyanus ötesinden destek veren Doç. Dr. Salih ERSAYIN'a, değerli arkadaşım Yard.Doç. Dr. Mahmut YAVUZ'a, Yard. Doç. Dr. Erhan ÇETİN'e, Yard. Doç. Dr. Erkan TOPAL'a, yazılımın geliştirilmesi sırasındaki yardımlarından dolayı www.vbturk.net forum elemanlarına ve çalışmalarını yaptığım mermer ocak ve fabrikalarında çalışan değerli madencilere teşekkür ederim.

Değerli zamanlarını ayırarak verdikleri destek ve katkılardan dolayı Prof. Dr. Adnan KONUK'a ve tez danışmanım değerli hocam Yard. Doç. Dr. Hüseyin ANKARA'ya ayrıca teşekkür ederim.

Ayrıca tüm çalışma süresince gösterdikleri her türlü özveri ve desteklerinden dolayı eşim Seval AKKOYUN'a, ailesine ve bana öğrenmeyi öğreten sevgili aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. KALİTE VE İLİŞKİLİ KAVRAMLAR.....	7
2.1. Kalitenin Tanımı	7
2.2. Kalite Kontrolü	10
2.3. Kalite Maliyeti Kavramı	11
2.3.1. Kalite Maliyetlerinin Sınıflandırılması	11
2.3.2. Faaliyet Maliyetleri.....	12
2.3.2.1. Önleme Maliyetleri	12
2.3.2.2. Değerlendirme Maliyetleri.....	13
2.3.2.3. Başarısızlık Maliyetleri.....	13
2.3.3. Yatırım Maliyetleri	14
2.3.3.1. Faiz Maliyetleri.....	14
2.3.3.2. Yıpranma Payı Maliyetleri.....	15
2.3.3.3. Fırsat Maliyetleri.....	15
2.4. Kalite Maliyetlerinin Ortaya Çıkarılması	15
2.5. Kalite Maliyetlerinin Ölçülmesi	17
2.5.1. Oran Analizi	17
2.5.2. Pareto Analizi	18
2.5.3. Dağılım ve Korelasyon	19
2.5.4. Gruplandırma	20
2.5.5. Sebep-Sonuç Analizleri	20
2.5.6. Fayda Maliyet Analizi	22

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
2.5.7. Kalite Endeksi.....	23
2.5.8. Kalite Performansı	24
2.5.9. Eğilim (Trend) Analizi.....	24
2.5.10. Başarı Oranı	25
2.6. Kalite Kontrol Grafikleri	26
2.6.1. Değişim Aralığı Kontrol Grafiği.....	28
2.6.2. Standart Sapma Kontrol Grafiği	29
2.6.3. Ortalama Kontrol Grafikleri	30
2.6.4. Kalite Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması.....	31
2.7. Süreç Kontrolünün Modellenmesi	32
2.7.1. Montgomery-Klatt Maliyet Modeli	33
2.7.1.1. Modelin Varsayımları	34
2.7.1.2. Modelin Genel Yazılımı	34
2.8. Önceki Çalışmalar.....	36
3. MERMER İŞLEME TESİSLERİ VE KALİTE MALİYETLERİ	39
3.1 Mermerin Tanımı	39
3.2. Doğal Taşlarda Aranılan Temel Özellikler	39
3.3. Mermer İşleme Tesisleri	40
3.3.1. Mermer Atölye İşletmeciliği.....	41
3.3.2. Mermer Fabrika İşletmeciliği	41
3.3.2.1. Blok Stok Sahaları	44
3.3.2.2. Kesime Hazırlık	45
3.3.2.3. Katrak.....	46
3.3.2.4. Blok Kesme Makineleri	48
3.3.2.5. Baş Kesme	49
3.3.2.6. Yarma Makinası.....	50
3.3.2.7. Köprü Kesme Makinası	50
3.3.2.8. Geniş Bant Cila (Levha Cila).....	51
3.3.2.9. Fayans Hattı	52

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
3.3.2.10. Reçineli Dolgu (Epoksi)	55
3.3.2.11. Çimento Dolgu.....	55
3.3.2.12. Mum Dolgu.....	56
3.3.2.13. Seçim Masası (Seleksiyon).....	56
3.3.2.14. Ambalaj.....	58
3.3.2.15. Yan Kalibre-Kenar Pah-Kanal Açma	60
3.3.2.16. Su Arıtma	60
3.4. Kalite Maliyetleri Açısından Mermer İşleme Tesislerinin Değerlendirilmesi	61
3.5. Üretim Süreci ile ilgili Kalite Değerlendirmeleri	61
4. MERMER İŞLEME TESİSLERİ ÜRETİM MODELİNİN OLUŞTURULMASI VE KALİTE MALİYETLERİNİN ENİYİLEMESİ (OPTİMİZASYONU).....	64
4.1. Yöntem.....	64
4.2. Maliyet Parametrelerinin Modellenmesi	68
4.2.1. Tedarikçi Ocağı ve Nakliye	69
4.2.2. Fabrika Stok Sahası	70
4.2.3. Katrak.....	71
4.2.4. Dairesel Diskli Blok Kesme Makinesi.....	72
4.2.5. Baş Kesme Makinası	74
4.2.6. Yarma Makinası.....	75
4.2.7. Köprü Kesme Makinası	76
4.2.8. Geniş Bant Cila (Levha Cila).....	78
4.2.9. Fayans Hattı	79
4.2.10. Reçine Dolgu (Epoksi).....	80
4.2.11. Çimento Dolgu.....	82
4.2.12. Mum Dolgu.....	83
4.2.13. Seçim (Seleksiyon)	84
4.2.14. Ambalaj.....	85
4.2.15. Su Arıtma.....	85
4.2.16. Genel Giderler.....	86

İÇİNDEKİLER (Devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2.17. Kalite Maliyetleri	88
4.3. Kısıtlar	92
4.3.1. Stok Sahası Kapasite Kısıtı	93
4.3.2. Kapasite Kısıtları	93
4.3.3. Kesim Hattı Kapasite Kısıtları	93
4.3.4. Birim Ücretler Alt Sınırı	94
4.4. Sistemin Kontrol Altında Olup Olmama Durumu	95
4.5. Modelin Çözümü ve Eniyileme Sonucu	96
5. KALİTE MALİYETLERİNİN MUHASEBELEŞTİRİLMESİ	97
6. MERMER İŞLEME TESİSLERİ İÇİN ÜRETİM KONTROLÜ VE ÜRETİM ENİYİLEMESİ YAPACAK BİLGİSAYAR YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ	102
6.1. Yazılımın Tanıtılması	102
6.1.1. Kullanılan Dil	102
6.1.2. Açılış Penceresi	104
6.1.3. Bilgilerin Girilmesi	106
6.1.4. Doğal Taş ve İşleme Özellikleri Penceresi	108
6.1.5. Makina Parkı ile İlgili Bilgilerin Saklanması	109
6.1.6. Ayrıntılı Giderler Penceresi	110
6.1.7. Doğaltaşlardan Kaynaklanan Belirsizliğin Benzetimi	112
6.1.8. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri Penceresi	115
6.1.9. Montgomery-Klatt Kontrol Modeli Penceresi	117
6.1.10. Önerilen ‘Tekdüzen Muhasebe Sistemi’ ile ilgili Yazılım Penceresi	118
6.1.11. Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Eniyilemesi	119
6.2. Yazılım ve Model İçin Kullanılan Gerçek Veriler ve Hesaplamalar	122
7. SONUÇ VE TARTIŞMA	130
8. KAYNAKLAR DİZİNİ	134
ÖZGEÇMİŞ	137

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>SAYFA NO</u>
Şekil 2.1. Kalite Maliyetleri ve Bileşenleri.....	12
Şekil 2.2. Kalite Maliyetlerini Ayıklamak için Kullanılan Akış Diyagramı	16
Şekil 2.3. Örnek Pareto Analizi Grafiği	9
Şekil 2.4. Tipik Bir Sebep-Sonuç Diyagramı	21
Şekil 2.5. Kontrol Grafikleri ve Kontrol Dışı Noktalar	32
Şekil 2.6. Örnek Eğilim Analizi Grafiği	25
Şekil 3.3. Blok Kesim Yönünün Ürün Desen ve Rengine Yansıması.....	45
Şekil 4.1. Mermer İşleme Tesisleri için Genel Akım Şeması-Makina Parkı.....	67
Şekil 6.1. Programın Açılış Penceresi	105
Şekil 6.2. Gerekli Veriler Girildikten Sonra Sonuçların Ekranda Gösterilmesi.....	106
Şekil 6.3 Yeni Bilgi Girişi Penceresi.....	107
Şekil 6.4 Pencerele Yardımı ile Yazılıma Yeni Veri Girilmesi	108
Şekil 6.5 Doğal Taş ve İşleme Özellikleri Parametreleri Penceresi	109
Şekil 6.6 Makina Parkı Penceresi	110
Şekil 6.7 Maliyet Hesaplaması Yapan Algoritmanın Basitleştirilmiş Görünümü.....	111
Şekil 6.8. Ayrıntılı Giderler Tablosu Penceresi.....	112
Şekil 6.9. Belirsizliklerin Benzetimi İle İlgili Program Algoritması.....	115
Şekil 6.10. Doğaltaşlardan Kaynaklanan Kalitesizliğin Benzetimi Penceresi.....	115
Şekil 6.11. İstatistiksel Kalite Kontrol Penceresi Basit Algoritması	116
Şekil 6.12 İstatistiksel Kontrol Grafikleri ile Kontrole Olanak Sağlayan Program Penceresi	117
Şekil 6.13. Montgomery-Klatt Maliyet Modeli Penceresi.....	118
Şekil 6.14 Tek Düzen Muhasebe Sistemi Kayıtlarını Gösteren Yazılım Penceresi	119
Şekil 6.15 Eniyilemenin Uygulandığı Program Bölümü Basitleştirilmiş Algoritması.	120
Şekil 6.16. Üretimin Eniyilenmesi Penceresi	121

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE ADI</u>	<u>SAYFA NO</u>
Çizelge 2.1. Kalite Kavramının Gelişimi ve Değişimi	8
Çizelge 2.2. Pareto Analizi Örneği	18
Çizelge 3.1. Mermer İşleme Tesisleri	40
Çizelge 4.1. Mermer Üretim Akım Şemaları	68
Çizelge 5.1. Kalite Maliyet Hesabının Ayrıntılandırılması	101
Çizelge 6.1. Blok Seçimi-Hazırlık İşlemleri ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	123
Çizelge 6.2. Katrak ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	123
Çizelge 6.3. ST ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları.....	124
Çizelge 6.4. Baş Kesme ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	124
Çizelge 6.5. Yarma Makinası ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	125
Çizelge 6.6. Köprü Kesme ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları.....	125
Çizelge 6.7 Levha Cila ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları.....	126
Çizelge 6.8 Fayans Hattı ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları.....	126
Çizelge 6.9 Reçine Dolgu Hattı ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	127
Çizelge 6.10 Mum Dolgu ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları.....	127
Çizelge 6.11 Seleksiyon ve Ambalaj ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	127
Çizelge 6.12 Su Arıtma Tesisi ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	128
Çizelge 6.13 Genel Giderler ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları	128

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
KP	:Kalite Performansı
TKM	:Toplam Kalite Maliyetleri (YTL)
VÖK	:Vergi Öncesi Kâr (YL)
G_o	: Başarısızlık oranı
B_o	: Başarı oranı
h	: Toplam hurda/Toplam üretim
g	: Toplam iade/Toplam satış
k	: Toplam kusurlar/Toplam muayene edilenler
B[C1]	: Kontrol yöntemi uygulamanın bir birime düşen beklenen maliyeti
B[C2]	:Sürecin incelenmesi bir birime düşen beklenen maliyeti
B[C3]	: kusurlu üretimin bir birime düşen beklenen maliyeti olarak tanımlanır.
P_o	: Sistemin Kontrol Altında Kalma Olasılığı
P_1	: Sistemin Kontrol Dışında Kalma Olasılığı
λ	: Ortalama Arıza Sayısı
k	: Ardışık İki Numune Arasında Üretilen Birim Sayısı
R	: Bir Saatte Üretilen Birim Sayısı
e	:Doğal Logaritma Sabiti
BS_{ig}	: Blok Seçimi Yapan İşgören Toplam Gideri (YTL/dakika)
P_1	: Blok Seçimi Yapan İşgören Sayısı
G_{ig}	: Blok Seçimi Yapan İşgören Gideri (YTL/ay)
13500	: Ay ile İlgili Değeri Dakikaya Çevirme Katsayısı (30 x 60 x 7,5)
M_{im}	: Aylık Hammadde (İlk giren) Toplam Maliyeti (YTL/ay)
B_{im}	: Hammadde Birim Maliyeti (YTL/m ³)
T_h	: Aylık Hammadde Miktarı (m ³ /ay)
N_{tg}	: Aylık Blok Nakliye Toplam Gideri (YTL/ dakika)
N_g	: Blok Nakliye Gideri (YTL/m ³)
T_h	: Aylık Hammadde Miktarı (m ³ /ay)
BH_{ig}	: Blok Hazırlık İşgören Toplam Gideri (YTL/dakika)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
P2	: İşgören Sayısı
G_i	: Blok Hazırlık İşgören Gideri (YTL/ay)
K_g	: Katrak ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
K_{ig}	: Katrak İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
P3	: İşgören Sayısı
K_i	: Katrak İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
K_e	: Katrak Elektrik Gideri (YTL/dakika)
KG	: Katrak Kurulu Güç (kW)
EF	: Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
K_{su}	: Katrak Su Gideri (YTL/dakika)
K_s	: Katrak Su Tüketimi (lt/dakika)
SF	: Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)
K_{sarf}	: Lama Sarfı Gideri (YTL/dakika)
L_s	: Lama Sayısı
L_f	: Lama Fiyatı (YTL/adet)
$L_ö$: Lama Ömrü (metretül)
H_k	: Kesme Hızı (metretül/saat)
K_{am}	: Katrak Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
K_f	: Katrak Alış Fiyatı (YTL)
STg	: ST ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
ST_{ig}	: ST İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
P4	: İşgören Sayısı
ST_i	: ST İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
ST_e	: ST Elektrik Gideri (YTL/dakika)
STG	: ST Kurulu Güç (kW)
EF	: Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
ST_{su}	: ST Su Gideri (YTL/dakika)
ST_s	: ST Su Tüketimi (lt/dakika)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
ST_{sarf}	: ST Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)
T_s	: Testere Sayısı (adet)
T_f	: Testere Fiyatı (YTL/adet)
$T_ö$: Testere Ömrü (m^2)
H_{st}	: Kesme Hızı ($m^2/saat$)
ST_{am}	: ST Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
ST_f	: ST Alış Fiyatı (YTL)
BK_g	: Başkesme ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
BK_{ig}	: Başkesme İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
$P5$: İşgören Sayısı
BK_i	: Başkesme İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
BK_e	: Başkesme Elektrik Gideri (YTL/dakika)
BKG	: Başkesme Kurulu Güç (kW)
BK_{su}	: Başkesme Su Gideri (YTL/dakika)
BK_s	: Başkesme Su Tüketimi (lt/dakika)
SF	: Su Birim Fiyatı (YTL/ m^3)
BK_{sarf}	: Başkesme Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)
T_s	: Testere Sayısı
T_f	: Testere Fiyatı (YTL/adet)
$T_ö$: Testere Ömrü (m^2)
H_{bk}	: Kesme Hızı ($m^2/saat$)
BK_{am}	: Başkesme Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
BK_f	: Başkesme Fiyatı (YTL)
Y_g	: Yarma Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
Y_{ig}	: Yarma Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
$P6$: İşgören Sayısı
Y_i	: Yarma Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
Y_e	: Yarma Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
YG	: Yarma Makinası Kurulu Güç (kW)
EF	: Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
Y_{su}	: Yarma Makinası Su Gideri (YTL/dakika)
Y_s	: Yarma Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)
SF	: Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)
Y_{sarf}	: Yarma Makinası Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)
T_s	: Testere Sayısı (adet)
T_f	: Testere Fiyatı (YTL/adet)
$T_ö$: Testere Ömrü (m ²)
H_Y	: Kesme Hızı (m ² /saat)
Y_{am}	: Yarma Makinası Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
Y_f	: Yarma Makinası Fiyatı (YTL)
KK _g	: Köprükesme Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
KK _{ig}	: Köprükesme Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
P7	: İşgören Sayısı
KK _i	: Köprükesme Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
KK _e	: Köprükesme Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)
KK _G	: Köprükesme Makinası Kurulu Güç (kW)
KK _{su}	: Köprükesme Makinası Su Gideri (YTL/dakika)
KK _s	: Köprükesme Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)
KK _{sarf}	: Köprükesme Makinası Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)
T_s	: Testere Sayısı (adet)
T_f	: Testere Fiyatı (YTL/adet)
$T_ö$: Testere Ömrü (m ²)
H_{kk}	: Kesme Hızı (m ² /saat)
KK _{am}	: Köprükesme Makinası Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
KK _f	: Köprükesme Makinası Fiyatı (YTL)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
LC _g	: Levha Cila Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
LC _{ig}	: Levha Cila Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
P8	: İşgören Sayısı
LC _i	: Levha Cila Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
LC _e	: Levha Cila Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)
LCG	: Levha Cila Makinası Kurulu Güç (kW)
EF	: Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
LC _{su}	: Levha Cila Makinası Su Gideri (YTL/dakika)
LC _s	: Levha Cila Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)
SF	: Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)
LC _{sarf}	: Levha Cila Makinası Abrasif Sarfı Gideri (YTL/dakika)
C _s	: Abrasif Sayısı (adet)
C _f	: Abrasif Fiyatı (YTL/adet)
C _ö	: Abrasif Ömrü (m ²)
H _{LC}	: Cila Hızı (m ² /saat)
LC _{am}	: Levha Cila Makinası Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
LC _f	: Levha Cila Makinası Fiyatı (YTL)
F _g	: Fayans Hattı ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
F _{ig}	: Fayans Hattı İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
P9	: İşgören Sayısı
F _i	: Fayans Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
F _e	: Fayans Hattı Elektrik Gideri (YTL/dakika)
FG	: Fayans Hattı Kurulu Güç (kW)
F _{su}	: Fayans Hattı Su Gideri (YTL/dakika)
F _s	: Fayans Hattı Su Tüketimi (lt/dakika)
F _{sarf}	: Fayans Hattı Abrasif Sarfı Gideri (YTL/dakika)
C _s	: Abrasif Sayısı (adet)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
C_f	: Abrasif Fiyatı (YTL/adet)
C_0	: Abrasif Ömrü (m^2)
H_F	: Cila Hızı ($m^2/saat$)
F_{am}	: Fayans Hattı Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
F_f	: Fayans Hattı Fiyatı (YTL)
E_g	: Reçine dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)
E_{ig}	: Reçine dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
E_e	: Reçine dolgu kurutma Fırını Elektrik Gideri (YTL/dakika)
E_{sarf}	: Reçine dolgu Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/ m^2)
$E_{TÜ}$: Reçine dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m^2/ay)
E_{am}	: Reçine dolgu Hattı (Fırın) Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)
E_M	: Reçine dolgu Miktarı (gr/m^2)
E_F	: Reçine dolgu Fiyatı (YTL/kg)
P10	: İşgören Sayısı
E_i	: Reçine dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
EG	: Reçine dolgu Kurutma Fırını Kurulu Güç (kW)
E_f	: Reçine dolgu Makinası (Fırın + Hat) Fiyatı (YTL)
CDg	: Çimento Dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)
CD _{ig}	: Çimento Dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
CD _e	: Çimento Dolgu Elektrik Gideri (YTL/dakika)
CD _{sarf}	: Çimento Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/ m^2)
CD _{TÜ}	: Çimento Dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m^2/ay)
CD _{am}	: Çimento Dolgu Hattı Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)
CD _M	: Çimento Dolgu Miktarı (kg/m^2)
CD _F	: Çimento Dolgu Fiyatı (YTL/kg)
P11	: İşgören Sayısı
CD _i	: Çimento Dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
CDG	: Çimento Dolgu Makinası Kurulu Güç (kW)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
EF	: Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
CD _{am}	: Çimento Dolgu Hattı Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
CD _f	: Çimento Dolgu Makinası Fiyatı (YTL)
M _g	: Mum Dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)
M _{ig}	: Mum Dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
M _{sarf}	: Mum Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/m ²)
M _{TÜ}	: Mum Dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m ² /ay)
M _M	: Mum Dolgu Miktarı (gr/m ²)
M _F	: Mum Dolgu Fiyatı (YTL/kg)
P12	: İşgören Sayısı
M _i	: Mum Dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
M _{LPG}	: Aylık LPG Gideri (YTL/ay)
LPG	: Tüp Fiyatı (YTL)
N	: Aylık Tüp Sarfı (adet/ay)
S _g	: Seçim Masası Giderleri (YTL/dakika)
P13	: Seçim Masası İşgören Sayısı
S _i	: Seçim Masası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
Ag	: Ambalaj Ünitesi Giderleri (YTL/dakika)
A _{TÜ}	: Ambalajlanan Toplam Miktar (m ² /ay)
A _t	: Ambalaj Türüne Göre Birim Maliyet (YTL/m ²)
A _i	: Ambalaj İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
P14	: İşgören Sayısı
S _{Ag}	: Su Arıtma Tesisi ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
S _{Aig}	: Su Arıtma Tesisi İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
P15	: İşgören Sayısı
S _{Ai}	: Su Arıtma Tesisi İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
S _{Ae}	: Su Arıtma Tesisi Elektrik Gideri (YTL/dakika)
S _{AG}	: Su Arıtma Tesisi Kurulu Güç (kW)
EF	: Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
SA _{sarf}	: Su Arıtma Sarf Gideri (YTL/ay)
SA _{am}	: Su Arıtma Tesisi Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
SA _f	: Su Arıtma Tesisi Fiyatı (YTL)
GG	: Genel Giderler (YTL/dakika)
GA	: Atölye Giderleri (YTL/ay)
GY	: Yemekhane Giderleri (YTL/ay)
Gİ	: İdari Giderler (YTL/ay)
GA _{ig}	: Atölye İşgören Giderleri (YTL/ay)
GA _i	: Atölye Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)
P16	: Atölye İşgören Sayısı
GA _{sarf}	: Atölye Sarf Giderleri (YTL/ay)
GA _{am}	: Atölye Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)
GA _{iy}	: Atölye İlk Yatırım Bedeli (YTL)
GA _{si}	: Makina Parkı Sigorta Gideri (YTL/ay)
GY _{ig}	: Yemekhane İşgören Giderleri (YTL/ay)
GY _i	: Yemekhane Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)
P17	: Yemekhane İşgören Sayısı
GY _{sarf}	: Yemekhane Sarf Giderleri (YTL/ay)
GY _{am}	: Yemekhane Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)
GY _{iy}	: Yemekhane İlk Yatırım Bedeli (YTL)
GY _{ia}	: Yemekhane İaşe Gideri (YTL/ay)
Gİ _i	: İdare İşgören Giderleri (YTL/ay)
Gİ _{ig}	: İdare Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)
P18	: İdare İşgören Sayısı
Gİ _{sarf}	: İdare Sarf Giderleri (YTL/ay)
Gİ _{am}	: İdare Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)
Gİ _{iy}	: İdare İlk Yatırım Bedeli (YTL)
Gİ _{kr}	: İdare Kırtasiye Gideri (YTL/ay)
KalMal:	Kalite Maliyetleri (YTL/dakika)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
KMö	:Önleme Maliyetleri (YTL/ay)
KM _D	: Değerlendirme Maliyeti (YTL/ay)
KM _B	: Başarısızlık Maliyeti (YTL/ay)
MT	:Müşteri Talebini Tespit Maliyeti (YTL/ay)
YU	:Yeni Ürün Tasarlama Maliyeti (YTL/ay)
YS	:Yeni Sistem Tasarlama Maliyeti (YTL/ay)
TA	:Tedarikçi Arama Maliyeti (YTL/ay)
TE	:Tedarikçi Eğitim Maliyeti (YTL/ay)
BS	:Blok Seçen İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
SS	:Stoktan Taş Seçen İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
BH	:Blok Hazırlık İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
Sİ	:Seçim İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
Dİ	:Dolgu İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
Aİ	:Ambalaj İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
Tİ	:Test Kontrol İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
TSM	:Taş Seçme Maliyeti (YTL/ay)
BNM	:Blok Nakil Maliyeti (YTL/ay)
BSM	:Blok Seçimi İşgören Maliyeti (YTL/ay)
BHM	:Blok Hazırlık İşgören Maliyeti (YTL/ay)
KHS	:Kesim Hattı Seçim İşgören Maliyeti (YTL/ay)
KHM	: Kesim Hattı Kontrol İşgören Maliyeti (YTL/ay)
KHT	:Kesim Hattı Test Maliyeti (YTL/ay)
SM	:Seçim Masası İşgören Maliyeti (YTL/ay)
EKM	:Reçine dolgu Kalite Test Maliyeti (YTL/ay)
TUM	:Teşhir Amaçlı Ürün Maliyeti (YTL/ay)
FM	:Fuar Kira Maliyeti (YTL/ay)
FİM	:Fuar İşgören Maliyeti (YTL/ay)
AJM	:Ambalaj Maliyeti (YTL/ay)
KAM	:Müşteri Karşılama Konaklama Maliyeti (YTL/ay)

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ (Devam)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
GM	:Garanti Maliyeti (YTL/ay)
KM2	: 2.Kaliteye Ayrılan Ürün Maliyeti (YTL/ay)
KM3	: 3.Kaliteye Ayrılan Ürün Maliyeti (YTL/ay)
KMİ	: Sevkiyat Sonrası İade Edilen Ürün Maliyet (YTL/ay)
TM	: Toplam Maliyet (YTL)
BM	: Birim Maliyet (YTL/dakika)
X	: Üretilecek m ² miktarı
KÜ	:Katrak Ürünleri
KHK	:Katrak Hattı Kapasitesi
STÜ	:ST Ürünleri
STHK	:ST Hattı Kapasitesi
BÜ	:Birim Ücretler
YÜFAS	:Yasal Ücret ve Fiyat Alt Sınırı
ÜAS	:Üretim Alt Sınırı
TPT	:Tahmini Pazar Talebi
SBM	:Stok Sahası Blok Miktarı
KAS	:Kapasite Alt Sınırı
YÜFAS	:Yasal Ücret ve Fiyat Alt Sınırı
ÜAS	:Üretim Alt Sınırı
TPT	:Tahmini Pazar Talebi
SBM	:Stok Sahası Blok Miktarı
KAS	:Kapasite Alt Sınırı

1.GİRİŞ ve AMAÇ

İçinde bulunduğumuz çağda üreticiler için pazar, bulunduğu kasaba, şehir ya da ülke değil, tüm dünyadır. Bu nedenle de ürünlerin tüm dünyada benzer ürünü üreten diğer üreticiler ile rekabet edecek düzeyde olması gerekmektedir. Bir işletme, fabrika ya da şirketin kurulma hedefi büyümek ve kar etmektir. Büyümek için pazarda rekabete girmek, rakip firmalardan daha iyi ürünler üretmek gerekir. Hedef pazar olarak sadece bulunduğu şehri ya da ülkeyi seçen üreticilerin 21'nci yüzyılda büyüme şansı kalmayacaktır.

Bu gerçeği Türkiye'de 1999 ve 2001 yıllarında yaşanan ekonomik krizler ortaya koymuştur. Ekonomik krizler nedeniyle küçülen ekonomi, tüketicinin alım gücünü çok azaltmış, iç pazar daralınca hedefi küçük olan, uluslararası rekabet gücü olmayan, ihracat planları yapmamış şirketler çok zorlanmışlar, küçülmek ya da yok olmak zorunda kalmışlardır. Bu krizler sonrasında anlaşılmıştır ki üretici için hedef ihracat olmalıdır.

Rekabet alanı, sadece ürünler açısından değil, üretim zincirinin diğer halkaları açısından da çok genişlemiş ve dünya ölçeğine ulaşmıştır. Türkiye'nin -örneğin Afyon ilinde- mermer üreten bir üretici nasıl ürününü dünya ölçeğinde rekabet edecek düzeyde üretmek zorunda ise aynı mermeri üreten maden ocağında çalışan maden mühendisi ya da işgören çavuşunun da hizmet ve bilgi birikimi seviyesini dünya ölçeğine taşıma zorunluluğu doğmuştur. Dünyanın diğer ucunda mermer üreten bir ülke, daha ucuz mermeri pazara sürdüğü anda 'kendi kendine' çalıştığı düşüncesinde olan Afyon'daki mühendis ve işgören çavuşu işsiz kalabilmektedir. Rekabet ürün bazında olduğu kadar işgörenin hizmeti bazında da dünya ölçeğindedir.

Rekabetin temel koşulu ise kalitedir. Kalite, üretilen bir ürün ya da hizmetin tüketiciyi tatmin etme derecesidir. Bu anlamda kalitenin bir ölçüsü yoktur. Örneğin ürün televizyon ise, sıradan bir tüketici için kaliteli olan televizyon, bir elektronik mühendisi tarafından kalitesiz bulunabilir.

Türkiye madencilik üretimi içerisinde önemli bir payı olan mermercilik sektörü bu çalışma kapsamında değerlendirilmeye alınmıştır. Çalışma konusu olarak mermer işleme tesislerinin seçilmesinin en önemli sebebi, Türkiye doğal taş sektörünün büyük bir ivme ile büyümekte olmasıdır. Madencilik sektörü içerisinde önemli bir yere sahip olan Türkiye doğal taş sektörünün 2006 yılı hedefi bir milyar dolardır. Bu büyüklüğü ile mermer sektörü, toplam madencilik sektörü ihracatının da yarısını tek başına karşılamaktadır. Sektör, gelişimini artırarak sürdürmesi bakımından Türkiye ekonomisinin de en önemli yapıtaşlarından biri olmaya aday durumuna gelmiştir.

Mermer işleme tesisleri üretim sistemini ayrıntılı olarak inceleyerek söz konusu sistem için toplam maliyet ayrıntılarını ve kalite maliyetlerini ortaya çıkarmak, hesaplamak, sınıflandırmak, bu maliyetleri halen uygulanmakta olan muhasebe sistemi içerisinde kayıt altına alacak bir yöntem önermek, üretim sistemlerinin kalite açısından kontrol altında olup olmadığını hesaplayabilen sistemleri araştırmak ve kalite maliyetlerine bağlı üretim eniyilemesi (optimizasyon) yaparak üretim planı önerisinde bulunmak çalışmanın temel amaçlarıdır.

Çalışma kapsamında mermer işleme tesislerinde kalite maliyetlerini ortaya çıkarmak ve sistemi kontrol edebilmek için bir bilgisayar yazılımı geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılıma üretim sistemi ile ilgili tüm bilgiler girilebilmektedir. Yazılımın hemen her işletme tesisine uygulanabilmesi için mümkün olan en esnek yapı oluşturulmaya çalışılmıştır. Üretim sistemi ile ilgili olarak mermer bloklarının getirildiği ocaklarından ve nakliye maliyetlerinden başlanarak stok sahaları ile ilgili bilgiler, kesim hatlarında bulunan tüm makinalar ve bu makinaların hemen bütün özelliklerinden ambalaj özelliklerine kadar tespit edilen bütün parametreler yazılım içerisinde yer almaktadır. Yazılım içerisindeki sistem ile bir mermer işleme tesisi üretim sistemi kontrol edilebilmektedir. İstenilen doğal taş ve talep edilen miktar bilgisi girildiğinde toplam maliyetleri ve kalite maliyetlerini ayrıntıları ile hesaplayarak sunabilmektedir.

Program, bir üretim ile ilgili olarak, üretimin gerçekleşmesi için mermer işleme tesisinde çalışması gereken tüm makine ve donanımını belirleyerek her birisi için

ayrıntılı giderleri rapor olarak verilmektedir. Ayrıca yazılım içerisinde, üretim sistemleri açısından çok önemli olan istatistiksel kalite kontrol yapılmasına yardımcı olacak araçlar bulunmaktadır. Sistemin kontrolü açısından istatistiksel kalite kontrolün yanı sıra Montgomery-Klatt modeli gibi bir kontrol modelini de içerisinde bulunduran yazılım ile üretim sisteminin belirli bir noktasından belirli aralıklar ile alınan numuneler üzerinde yapılan ölçüm sonuçlarına bağlı olarak sistemin kontrol altında olup olmadığı ihtimali hesaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır.

Çalışma ile mermer işleme tesisleri üretim sistemi içerisinde yer alan ve diğer maliyetler içerisinde olduğu için görülmeyen kalite maliyetleri ortaya çıkarılmış, sınıflandırılmış ve var olan muhasebe kayıtları içerisinde görünür hale gelmeleri için muhasebe kayıt yöntemi önerilmiştir. Bu işlem için mermer üretim sisteminde meydana gelen tüm maliyetler incelenmiştir. Yazılım, üretim sistemi içerisinde ortaya çıkan kalite maliyetlerini tespit ederek, sınıflandırmakta halen yürürlükte olan TMS (Tekdüzen Muhasebe Sistemi) kayıtlarına uygun olarak kayıt altına almaktadır. Bu sayede kullanıcı istediği ürün ile ilgili olarak diğer tüm maliyetleri görebildiği gibi kalite maliyetlerini de muhasebe sistemi içerisinde görebilmektedir.

Geliştirilen bilgisayar yazılımı üretim ve donanım bilgileri girilen mermer işleme tesisinde üretilmesi muhtemel doğal taş ve ürün tipi alternatiflerinin tümü için birim toplam maliyet (YTL/m²) ve birim kalite maliyeti hesaplamalarını yapmaktadır. Bu bilgileri ve üretim sistemi ile ilgili diğer kısıtlama bilgilerini de kullanıcıdan alarak, var olan koşullar altında en uygun üretim planlamasını yaparak sunmaktadır. Verilen şartlardaki bir mermer işleme tesisinde bir aylık dönemde üretilebilecek ürün miktarını hesapladıktan sonra toplam maliyetin en az olması için üretim planlamasına bağlı eniyileme yapmaktadır. Bu eniyileme, kalite maliyet bilgileri değişken alınarak yapılabildiği gibi toplam maliyetler değişken kabul edilerek de yapılabilmektedir.

Mermer işleme fabrikalarında genelde üç-dört doğal taş aynı anda üretim sistemi içerisinde değerlendirilebilmektedir. Bu doğal taşlardan üretilen ürünler ise altı-yedi farklı ürün olarak karşımıza çıkmaktadır. Eskitme gibi bazı özel uygulamalar da işin içerisine girince ürün çeşidi birden 15'e kadar ulaşabilmektedir. Ancak ortalama bir

mermer işleme fabrikasında 3-4 doğal taştan 5-6 ayrı ürün olmak üzere 25-30 farklı ürün elde edilebilmektedir. Bu durumda bu tip bir üretim sistemi çok değişkenli ve çok üretilen bir sistem haline geldiği için böyle bir sistem için kalite maliyetlerinin tespit edilmesi, bu maliyetler ile eniyileme çalışmasının yapılması karmaşık ve zor bir iş halini almaktadır. Çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için mermer işleme tesisleri üretim sistemini içerisinde yer alan her üretim adımı ve makina ayrıntılı bir biçimde incelenmiş, her maliyet kalemi hesaplanmıştır. Mermer kesme makinalarının özellikleri, bu özelliklerin maliyete olan katkıları araştırılmıştır.

Kalite maliyetlerinin diğer maliyetlerden ayrılmasının yöntemi için eski çalışmalar ve yayınlar incelenmiş, Campanella algoritmasına ulaşıldıktan sonra bu algoritma sistem içerisinde gözlemlenen tüm maliyetlere uygulanarak kalite maliyetleri ortaya çıkarılmış ve sınıflandırılmıştır. Ayrıca muhasebe sistemleri incelenmiş ve mevcut muhasebe sistemleri içerisine kalite maliyetlerinin eklenebilmesinin yöntemleri araştırılmıştır. Yazılımın kullanım kolaylığı ve görsel yönünün güçlü olması için nesne tabanlı bir dil olan Visual Basic6.0 programı seçilmiştir. Ayrıca eniyileme algoritmasını çözebilmek için Lingo paket programı kullanılmış, Lingo'nun dinamik kütüphane dosyaları (*.dll) yardımı ile Visual Basic ile yazılan yazılımdan Lingo'ya veri aktarımı sağlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde kalite kavramı ve ilişkili kavramlar hakkında bilgi ve geçmiş çalışmalardan örnekler verilmiştir. Kalitenin tanımı, önemi, kalite kontrolün tarihsel gelişimi, kalite maliyetleri ve bu maliyetlerin ölçülmesi, kalite kontrol elemanları gibi konular bu bölümde sunulmuştur.

Üçüncü bölümde mermer işleme tesisleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Mermer işleme tesislerinde bulunan makina ve donanım ile ilgili ayrıntılı bilgiler ve mermer ürünlerinin üretim sürecinde yapılması gereken işlem adımları hakkında ayrıntılı bilgiler bu bölümde sunulmuştur.

Dördüncü bölümde mermer işleme tesisleri üretim sistemi içerisinde bulunan her üretim adımı tek tek ele alınarak her bir adım için ve her bir makina için maliyet eşitliği yazılmıştır. Bu eşitliklerin birleştirilmesi ile üretim sistemi tek bir model olarak elde edilmiştir. Birden çok doğal taşın işlendiği ve birden çok ürünün üretildiği bir üretim sistemi, bu eşitlikler yardımı ile ifade edilebilir hale getirilmiştir. Bir maliyet modeli ile ifade edilebilen bu sistemin, çok değişkenli ve çok kısıtlı bir bütün olarak eniyilemesi yapılmıştır.

Beşinci bölümde mermer işleme tesisleri için uygulanan Tekdüzen Muhasebe Sisteminden (TMS) farklı olarak kalite maliyetlerini ortaya çıkaran bir muhasebe kayıt yöntemi önerilmiştir. Bu sistemde kalite maliyetleri, muhasebe sistemi içerisinde uygun yerlerinde gösterilmekte ve klasik muhasebe sisteminden farklı olarak kalite maliyetleri, kayıt altına alınmaktadır. Mermer işleme tesisleri üretim sistemi içerisindeki kalite maliyetlerini ortaya çıkarabilmek için sistem içerisinde ortaya çıkması muhtemel tüm maliyetler kalite maliyetlerini ayırmaya yarayan bir algoritma kullanılarak ayıklanmış ve sınıflandırılmıştır.

Altıncı bölümde bu çalışma kapsamında geliştirilen bilgisayar yazılımı tanıtılmıştır. Yazılım, üç farklı doğal taştan yedi farklı ürün işleyen bir mermer işleme fabrikası için tasarlanmıştır. Yazılım kullanılarak söz konusu mermer işleme tesisinin üretim sistemi tam olarak ifade ve kontrol edilebilmekte, kullanıcı tarafından seçilen doğal taş ve ürün tipi ile üretim miktarı sonucunda, sistemin kalite maliyetleri de içerisinde olmak kaydı ile ne tür maliyetleri gerektireceği ayrıntılı bir döküm olarak verilmektedir.

Yine yazılım ile kalite maliyetleri tam olarak kayıt altına alınabilmekte, muhasebe kayıtları döküm olarak alınabilmekte ve 21 ayrı ürün alternatifi için kalite maliyetleri açısından üretimin eniyilemesi yapılabilmektedir. Bu eniyileme sonucunda elde edilen olumlu sonuçlar çalışmanın son bölümünde tartışılmıştır.

Ayrıca mermer işleme tesislerinde yapılan ölçüm ve değerlendirmeler sonucunda elde edilen saha verileri, dördüncü bölümde verilen eşitliklerde yerlerine konularak yapılan hesaplamalar programın tanıtıldığı bölüme eklenmiştir. Bu hesaplamaların sonuçlarında sahada elde edilen veriler ve sonuçlar ile bilgisayar programından elde edilen sonuçların uyum içinde oldukları gözlemlenmiştir.

2. KALİTE VE İLİŞKİLİ KAVRAMLAR

Çalışmanın bu bölümünde kalite ve ilişkili kavramlar tanımlanmaya ve açıklanmaya çalışılacaktır. Çalışmanın temel konularından olan mermer işleme tesisleri, kalite maliyetleri ve eniyilemeleri (optimizasyon) konularında önceden yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Kalitenin Tanımı

Kalite konusunda literatürde oldukça fazla tanım mevcuttur. Bu bile kalite kavramının içeriğinin ne denli geniş olabileceğinin bir göstergesidir. Her bir kalite kontrol derneği veya standardizasyon merkezi, kendi anlayışı doğrultusunda kaliteyi tanımlamaktadır. Kalite kavramı Latince'deki "qualitas" kelimesinden türetilmiştir ve "şey" anlamına gelmektedir. Çiçero ve diğer Yunanlı yazarların, bu kelimeyi "mahiyet, içerik ya da nitelik" anlamında kullandıkları görülmektedir (Bergman ve Klesfjö, 1994). Bir şeyin kalitesiyle ilgili bir değerlendirme göreceli bir olgu olduğu gibi, kalitenin ne olup ne olmadığı ile ilgili yapılan tanımlardan da üzerinde anlaşılan ortak bir yaklaşıma rastlamak zordur (Halis, 2000). TSE tarafından çevrilip TS 9005 olarak yayınlanan Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı (ISO)'na göre kalite, "Bir ürünün ya da hizmetin belirlenen ya da olabilecek ihtiyaçları karşılama kabiliyetine dayanan özellik ve karakteristiklerinin toplamıdır" (TSE, 1991).

Tanımlardan da anlaşılacağı üzere kalite kavramı, göreceli bir kavram olup, bir tüketici için kaliteli olan bir ürün, bir başka tüketici için kalitesiz olabilmektedir. Bundan dolayı bir mal ya da hizmeti, kalitesiz diye nitelemek yanlış olup ancak ihtiyaçları karşılamada uygunluk düzeyinin yetersizliğinden bahsedilebilir (Bayram, 2000). Üretim sistemi ne olursa olsun kalite müşteriye memnun etmekle ilişkilendirilir (Oppermann et al., 2003).

Kalite kavramının zaman içerisindeki evrimini ve değişimini bir çizelge ile özetleyerek geçirdiği evrimi daha iyi anlayabiliriz (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Kalite Kavramının Gelişimi ve Değişimi (Gümüőöglü, 2000)

1700-1900	Kalite daha çok zanaatkarların kişisel çabaları ile belirlenmekteydi.
1875	Makina mühendisi Fredrick W. Taylor (1836-1915) işleri daha küçük ve daha kolay yapılabilir parçalara ayırarak, daha karmaşık ürünlerin ve sistemlerin uygulanmasında ilk değişikliği yaptı. Ardından Frank Bunker Gilbreth (1868-1924) ve Henry Laurence Gantt (1861-1919) yönetim bilimi açısından Taylor'a katkıda bulundular.
1900-1930	Henry Ford, 'montaj fabrikası', üretkenlik ve kaliteyi geliştirmek için özgün çalışma yöntemleri uyguladı, hatasız montaj, kontrol ve üretim kontrolü kavramlarını geliştirdi.
1901	İlk standartlar laboratuvarı Britanya da kuruldu.
1907-1908	Bir ABD firması, ilk sistematik kontrol ile ürün ve malzeme testine başladı
1908	W.S. Gosset, Guinness bira firmasında yaptığı çalışmasında t dağılımını tanıttı.
1915-1919	İngiliz Hükümeti, Tedarikçi Sertifikası Programına Başladı
1919	İngiltere de teknik muayene kurumu kuruldu (Bu kurum daha sonra İngiliz kalite güvence enstitüsü oldu).
1920...	Bell telefon laboratuvarı, kontrol ve testleri yapmak için kalite bölümünü kurdu. B.P. Dudling İngiltere'de "General Elektrik" firmasında ampullerin kalite kontrolü için ilk kez istatistiksel yöntemleri kullandı
1924	Walter A. Shewhart, Bell telefon laboratuvarlarında ilk kez kontrol diyagramlarını kullanmaya başladı.
1932	Walter A. Shewhart, Londra üniversitesinde ilk kez üretim ve kontrol diyagramlarında istatistiksel yöntemler eğitimini verdi
1933	İngiliz tekstil ve ağaç endüstrisi ve Alman kimya endüstri ürün/proses geliştirme için deneysel tasarım kullanmaya başladı.
1935	İngiliz standartları kullanıma girdi
1940	Amerika Savunma Bakanlığı işlem bilgilerinin analizinde kontrol diyagramların kullanımını için bir rehber yayınladı.
1945	Japon standartları birliği kuruldu
1946	Farklı kalite kurumlarının birleşmesiyle Amerikan Kalite Kontrol Kurumunu kuruldu
1947	Deming, Japon endüstrisinde istatistiksel kalite kontrol seminerleri vermek üzere davet edildi.
1950	Prof. Kaoru Ishikawa sebep ve sonuç diyagramlarını tanıttı.
1957	Amerikalı Dr. Feingenbaum Toplam kalite kontrolü ile ilgili ilk makalesini yayınladı
1960	Prof. Taguchi, Kalite Kayıp Fonksiyonu çalışması ile Büyük Ödül Deming Ödülünü aldı.
1962	Prof. Ishikawa, Kalite Kontrol Çemberleri kavramının tanıttı.
1970..	Endüstri mühendisliği disiplinde istatistiksel süreç kontrolü dersleri verilmeye başlandı
1980..	Kalite kavramı yaygınlaştı, kurumlar, ödüller ve enstitüler kuruldu
1991	Motorola şirketi "Altisigma" yaklaşımını kullanmaya başladı
1995	"Ürünü değil süreci kontrol et" yöntemi geliştirdi
2000	Toplam kalite kontrol kavramı yaygınlaştı ve kullanımı arttı

Bir süreç olarak üretim sürecine bakıldığında, kalite kavramı bu süreç içerisinde bölümlere ayrılabilir; ürünün tasarım aşamasını ifade eden tasarım kalitesi, üretim sürecini içine alan üretim kalitesi, ürünün müşteri ile buluşması sürecini değerlendiren

dağıtım kalitesi ve pazarlama ve pazarın genişlemesi faaliyetlerini içine alan ilişki kalitesi bu ayrıntılardan bazılarıdır.

Tasarım Kalitesi

Tasarım kalitesi, müşterinin taleplerini ve ihtiyaçlarını tatmin etmek için ürün ve hizmetin planlaması veya tasarımını içerisine alır. Tasarım kalitesi, üretim başlamadan önce müşteri arzu ve istekleri doğrultusunda ürünü tanımlayan ve belirleyen özelliklerin tespit edilmesiyle oluşan, tüketici doyumunun sağlanması amacıyla belirlenen kalite karakteristiklerinin en üst standartlara sahip olmasıdır. Bu aynı zamanda belirlenen amaçları sağlamak üzere ürünün ne derece iyi tasarlandığının bir ölçüsüdür.

Üretim Kalitesi

Ürün veya hizmetin tasarlanması ve planlanması süresince uyulması gereken şartların yerine getirilmesini ifade eder. Ürün kalitesi için en fazla özen gösterilmesi gereken aşama üretim kalitesidir. Teknik dokümanlarda belirlenen özelliklere göre üretimi tamamlanmış olan bir ürünün gerçek kalite özelliklerine ya da şartnamelerine olan uygunluğunu gösterir. Ürünün, tasarım tanımlama ve standartlarıyla uyumunu ifade eder.

Dağıtım Kalitesi

Müşteri tarafından talep edilen ve üretici tarafından üretileceği sözü verilen malın, yine sözü verilen zamanda teslimatın yerine getirilmesinin kalitesi anlamında kullanılmaktadır. Ürünün kalite imajını etkileyen ambalajlama, taşıma, kurma ve bakım onarım gibi işlemlerde ürünün kalite özelliklerine olan uygunluğunu gösterir. Müşteri ürünü aldıktan sonra da üretici firmanın sattığı ürün için kaliteyi garanti etmesi ve dağıtım sonrası hizmetler olarak anılan ve bir üründe bulunmayınca onu zayıf ürün sınıfına sokan garantisizliğin müşteri lehine çözülmesi de bu kapsamda ele alınmalıdır (Takeuchi and Quelch, 1983).

İlişki Kalitesi

İlişki kalitesi, hem iç hem de dış müşteri ile ilişkide bulunan herkesin etkilediği bir çeşit hizmet kalitesidir. Bu, büyük oranda kim tarafından yürütüldüğüne ve kiminle

ilişki kurulduğuna bağlıdır. Imai (1994), kalitenin ‘iyileştirilebilir her şey’ olduğunu söylemektedir. Bu bağlamda üretilen ürünün pazarlanması için müşteri ile kurulacak ilişki önem kazanmaktadır. Bu ilişkide kuralları üretici değil, müşteri koymaktadır ki bu nedenle değiştirilmesi, iyileştirilmesi zor olan ama gerekli olan bir kalite kalemidir.

2.2. Kalite Kontrolü

Kalite kontrolü, üretim işleminin normal şartlar altında yürütülmesini gerçekleştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Süreç işlerken bir hata nedeni veya özel neden sebebiyle sistemin kontrol dışına çıkması halinde bu durumu hemen fark ederek, gereken tedbirlerin hemen alınmasına olanak vermesi açısından da önemli bir yöntemdir. Kalite teftişi ise, üretim işlemi tamamlanmış ürünlerin, istenilen standart ve istenilen özelliklere uyup uymadığının tespit edilmesi, uymayanların ayıklanması amacıyla yapılır. Standart dışı ürün sayısı arttıkça maliyet büyür. Kalite kontrolün ana amacı ise standart dışı üretimi tespit etmek değil, önemsiz bir orana düşürmektir (İşcil, 1975). İşletme bu konuda hiçbir tedbir almaz ve kalitesiz ürünleri piyasaya sürer ise prestij kaybı ve satışların azalması sebebiyle bir kayıpla karşılaşır (Tan ve Peşkirioğlu, 1991).

Kalite kontrolü, muhtemel en yüksek kalitedeki bir ürünün sağlanması amacına yönelik olarak teşkilatlanmış bir sistemdir. Genel amacın elde edilmesine yönelik olarak bir takım ikincil amaçları vardır. Bunlar şöyle sıralanabilir,

- ✓ İşin daha başlangıçta doğru yapılmasının sağlanması ile eldeki makina ve işgücünden en yüksek verimin temini,
- ✓ Bozuk ürünleri düzeltmek için kullanılan sürenin yol açtığı üretim kayıplarının ve hurda-fire atık oranının azaltılması,
- ✓ Alıcıya, istenilen toleranslar içerisinde kalan ürünlerin verilmesi ile firmaya itibar kazandırılması,
- ✓ İç piyasalarda yerli ürüne olan güvenin sağlanması, dış pazarlarda rekabet gücünün kazanılması,

- ✓ Ürünlerin henüz ekonomik ömürlerini doldurmadan atıl bir hale düşmelerinin önlenmesi ile milli servetin kaybına engel olunması,
- ✓ Ürün kalitesinin geliştirilmesi,
- ✓ İşletme kalite masraflarını azaltmak ve işletme çalışanlarının moralini yükseltip işgören, işveren ilişkilerinin düzeltilmesi,
- ✓ Tüketicinin parasının karşılığını aldığını görerek memnun olması, müşteri şikayetlerinin azalması ve tüketicinin korunması,

2.3. Kalite Maliyeti Kavramı

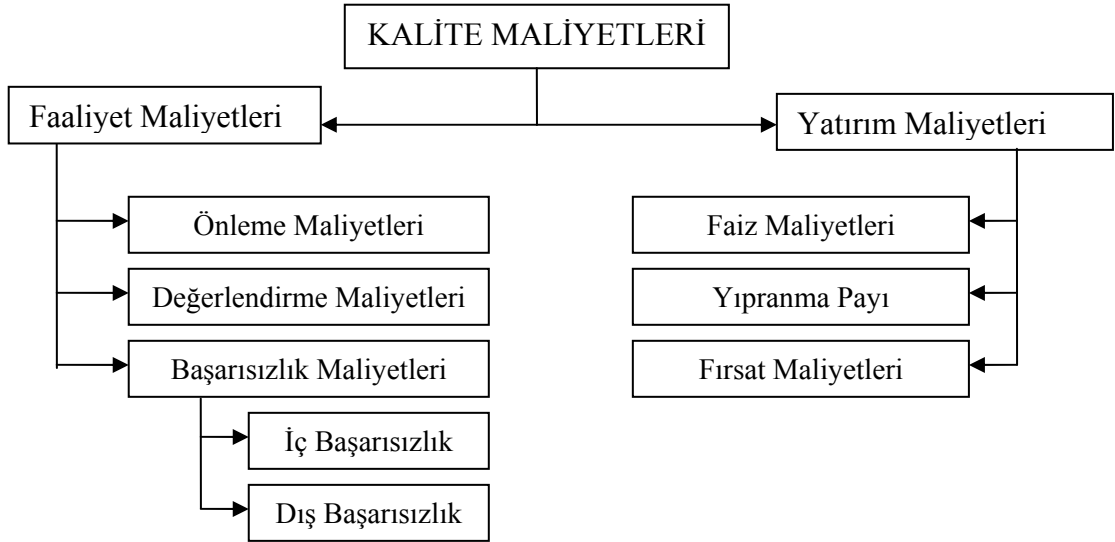
Kalitenin bir maliyeti vardır ve bu maliyetten kaçınmak mümkün değildir. Oysa kalitesizliğin maliyetinden kaçınmak mümkündür. Çünkü kalitesizliğin nedenleri hatalar, kusurlar, belirlenen veya gerekli olan standartlardan sapmalardır. Bunlar önlendikçe kalitesizliğin maliyeti de önlenir. Bu açıdan kalite maliyetleri kaçınılmaz maliyetler ve kaçınılabılır maliyetler olarak iki ana gruba ayrılabilir (Atay, 2003).

Kalite maliyetleri, kalitenin parasal olarak ifade edilmesidir. Ancak kalite maliyetini parasal olarak ifade edebilmek ilk anda sanıldığı kadar kolay değildir. Birbiri içine giren maliyet kalemleri içerisinde kalite maliyetlerini ayıklamak bazı araştırmacıların dediği gibi süttten kaymağı ayırmak gibidir (Karapınar ve Geyik, 2001).

2.3.1. Kalite Maliyetlerinin Sınıflandırılması

Bir endüstri işletmesinde hammadde ve malzeme satın alınmasından başlayıp, imalat aşaması ile devam eden ve ürünün satışı ile son bulan bir üretim süreci içinde yer alan çok çeşitli fonksiyonların yerine getirilmesi için, bir takım masraf unsurlarına katlanması gerekir. Kalite kontrol fonksiyonunu yerine getirirken de bazı masrafların oluşması normaldir. Bu masraflara “kalite maliyetleri” adı verilmektedir (Bayram, 2000).

Kalite maliyetleri kavramı içerisine giren maliyet kalemleri ve birbirleri ile olan bağlantıları Şekil 2.1’deki gibi gösterilebilir.



Şekil 2.1. Kalite Maliyetleri ve Bileşenleri. (Kırılıoğlu ve Gümüş, 1994)

2.3.2. Faaliyet Maliyetleri

Faaliyet maliyetleri, üretimin gerçekleştirilmesi için yapılan maliyetleri içerir. Bunlar doğrudan işgören, doğrudan hammadde ve malzeme maliyetleri ile dolaylı işgören ve dolaylı malzeme giderleri dahil, üretime etki eden tüm maliyetleri içine alır.

2.3.2.1. Önleme Maliyetleri

Ürün veya hizmetlerin tüketici isteklerine uygunsuzluğunu önlemek amacıyla tasarlanmış tüm faaliyetleri maliyetleridir. Önleme maliyetleri, ürünün geliştirilmesi ve dağıtım öncesi ile dağıtım esnasındaki hizmet faaliyetlerini kapsar. Kaliteyi iyileştirici araştırma çalışmalarının geliştirilmesi, tedarikçi yeterlilik araştırmaları, süreç ve makina kapasitesi çalışmalarının değerlendirilmesi ve kalite eğitimi maliyetlerinin tümünü içerisine alır.

Önleme maliyetleri sınıfını oluşturan kalite maliyet bileşenleri aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır,

- Kalite Planlaması
- Süreç Kontrolü
- Pazarlama Maliyetleri
- Mamul Tasarım-Geliştirme Maliyetleri
- Satınalma Maliyetleri
- Operasyon Maliyetleri
- Kalite Yönetimi Maliyetleri

2.3.2.2. Değerlendirme Maliyetleri

Değerlendirme maliyetleri, ürünlerin ihtiyaçlara uygunluğunun tespit edilmesi için yapılan ölçme, yürütme ve denetleme amacıyla katlanılan masraflardır. Değerlendirme maliyetleri sınıfını oluşturan kalite maliyet bileşenleri aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır (Özenci ve Cumbul, 1993),

- Satın Alınan İlk maddenin Test ve Muayenesi
- Kontrol İşgörenliği
- Dış Değerlendirme Maliyetleri

2.3.2.3. Başarısızlık Maliyetleri

Başarısızlık maliyetleri, bazı ürün faaliyeti ya da ürünün tamamlanmasını izleyen ilk kontrolde, kalite gereksinimlerini karşılamada yetersiz olan ürünlerin bir sonucu olarak ortaya çıkan maliyetlerin tümünü içine alır. Bu maliyetler, ürünün müşteriye ulaşmadan önce ortaya çıkıp çıkmadığına bağlı olarak iki grupta değerlendirilirler;

I-İç Başarısızlık Maliyetleri

Bu maliyetler, ürün müşteriye henüz ulaşmadan önce ortaya çıkan eksik kalite nedeni ile gerçekleşen maliyetlerdir. Bunlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilirler (Taylor, 1989),

- Hurda Maliyetleri
- Yeniden İşleme Tamir ve Yerleştirme Maliyetleri
- Yeniden Kontrol Maliyetleri
- Uygunsuzlukları Ortaya Çıkarmanın Maliyetleri
- Atıl Zaman Maliyetleri
- Düşük Puanlama Maliyetleri

II-Dış Başarısızlık Maliyetleri

Dış başarısızlık maliyetleri, ürünün müşteriye transferinden sonra ortaya çıkan, eksik kalitenin doğurduğu maliyetlerdir. Bunlar aşağıda verilmiştir (Taylor, 1989),

- Garanti Maliyetleri
- Ürün Sorumluluk Maliyetleri
- İmtiyazlar
- İyi Ürün ve Satış Kayıpları

2.3.3. Yatırım Maliyetleri

Yatırım maliyetleri, belirli bir dönem içerisinde, ekonomideki üretim araçlarına yapılan eklemeler ve bu eklemeleri mümkün kılan harcamalar olup, bu harcamaları üç grupta toplamak mümkündür. Bunlar aşağıda verildiği gibi sınıflandırılabilir (Ekonomi Ansiklopedisi, 1988),

- Alet, makina ve teçhizat gibi sermaye malları
- Bina, yol, köprü baraj gibi inşaatlar
- Firmaların depolarındaki hammadde, yarı mamul ve mamul mallara yapılan harcamalar

Kalite yatırım maliyetleri ise, üretilen mal ve hizmetlere belirli bir standart ve estetik kazandırmak üzere kullanılan araştırma tesisleri, test ve kontrol araçları ve diğer cihazların kullanımı dolayısıyla meydana gelen aşınma ve yıpranmadan doğan maliyetleri içerir. Bu maliyetler özetle, laboratuvar, ölçme ve kontrol ekipmanları, bina ve ilgili tesisata yapılan harcamaların faiz, yıpranma payı ve fırsat maliyetleri olarak ele alınabilir.

2.3.3.1. Faiz Maliyetleri

Faiz maliyetleri, sermaye faktörüne üretimden düşen pay olup, sermayeyi kullanmanın karşılığı, yani fiyatıdır. İşletmelerin ürettikleri ürünlerin kontrolünü yapmak üzere kiraladıkları fabrika, makina, araba vb. için belirli bir dönem sonunda

verilen fazlalıklar gibi, belirli bir süre başkası tarafından kullanırılması karşılığı ödenen bedeldir (Dinler, 1988)

2.3.3.2. Yıpranma Payı Maliyetleri

Maddi duran varlıklar, üretime katıldıkları yıldan itibaren değer kaybına uğrarlar. Bu kayıp, aşınma, eskime veya fiziki yok olma biçiminden çok, yavaş yavaş hizmet gücünün azalması şeklinde olabilir. Yıllonunda bu sabit varlığın maliyet değeri, aşınma ve yıpranma payı kadar azalır. Sabit varlığın bu değer azalışına *yıpranma payı* denir (Durmuş, 1979).

2.3.3.3. Fırsat Maliyetleri

Şirketler, gerçekleştirmek istedikleri üretim faaliyetleri açısından çeşitli seçeneklerle karşı karşıya kalırlar. Bu seçenekler arasında en verimli olanını seçmek, işletme yöneticisinin görevidir. Fakat bu işlem gerçekleştirilirken vazgeçilen seçeneklerin beklenen verimleri kaybedilmektedir. İşte terk edilen seçeneğin kaybedilen verimine ya da faydasına kabul edilen seçeneğin fırsat maliyeti denir (Moore and Jaedicke, 1988).

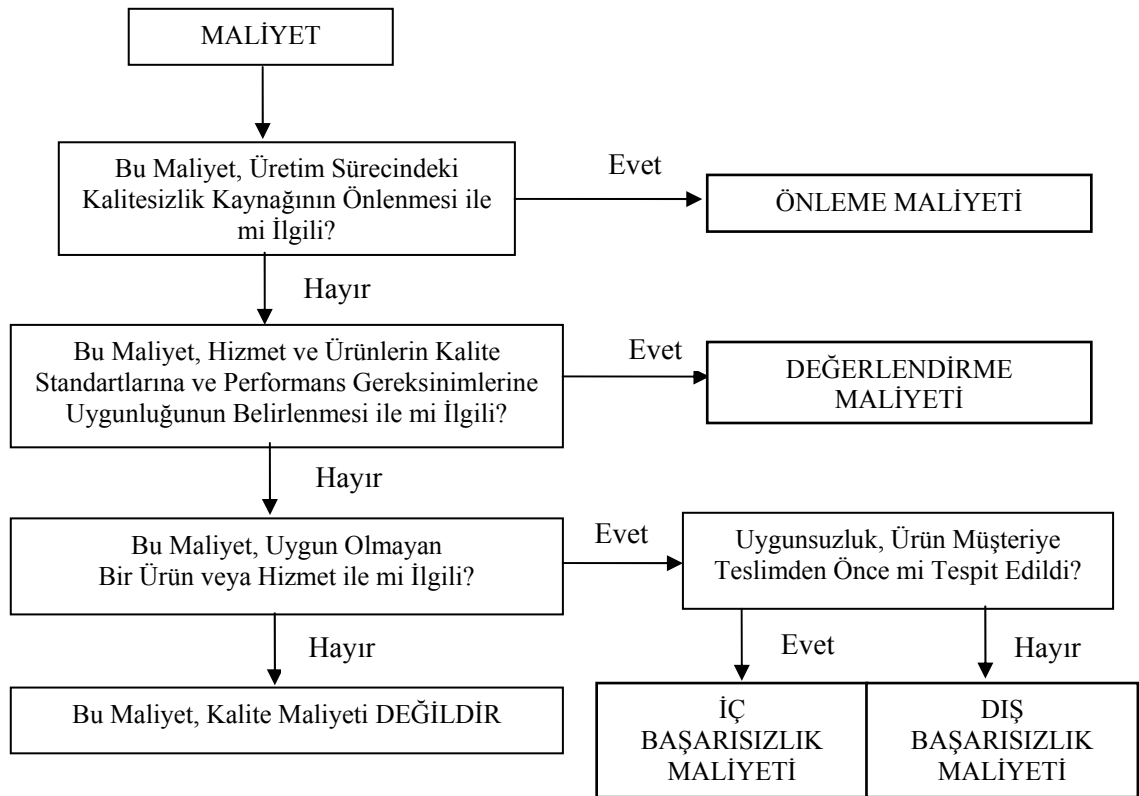
Bu maliyetler, muhasebe kayıtlarında görünmezler. Ancak yönetim tarafından geleceğe ait karar verme işlemlerinde en fazla faydayı sağlayan alternatifini seçmek üzere kullanılırlar.

2.4. Kalite Maliyetlerinin Ortaya Çıkarılması

Kalite maliyetlerinin bir çok maliyet merkezinin faaliyetleri arasında yer alması ve bazı kalite faaliyetlerinin de bir tek maliyet yerinden diğerine hizmet şeklinde sunulması, bu maliyet türlerinin maliyet yerleri itibariyle kesin tanımlanmalarının yapılmasını güçleştirir (Şakrak, 1997). Bu zorluklar sonucunda tüm kalite maliyet bilgileri muhasebe süreçlerinden hazır olarak elde edilememektedir. Özellikle Türkiye’de işletmelerde belirlenmesi kolay olan kalite maliyet bilgilerini net bir şekilde

tespit eden işletme sayısı yok denecek kadar azdır. Ayrıntılı bir çalışma ile kalite maliyet unsurlarını tanımlamalı ve bunların hangi belgelerde nasıl toplanacağı ve nasıl kaydedileceği, her hesabın hangi işlemleri içereceği belirtilmelidir. Bu maliyetlerin hangi maliyet sınıfına dahil edileceğinin belirlenmesi gerekmektedir (Üstün, 1996).

Ayrıca her maliyet sınıfının raporlanabilmesi için işletmelerin hesap planlarında yardımcı hesaplar açılması gerekir. Kalite maliyetlerinin sınıflandırılması için yaygın olarak kullanılan bir akım şeması Şekil 2.2’de verilmiştir. Bu çalışma kapsamında mermer işleme tesislerinde meydana gelen kalite maliyetlerini ortaya çıkarıp sınıflandırmak için de buna benzer bir akım şeması kullanılmıştır.



Şekil 2.2. Kalite Maliyetlerini Ayıklamak için Kullanılan Akış Diyagramı (Campanella, 1990).

2.5. Kalite Maliyetlerinin Ölçülmesi

Üretim sürecini istenilen kalite düzeyinde yürütmek, en ekonomik ve güvenilir bir biçimde kalite kontrolü ile mümkündür. Bu yöntemlerden gerektiği şekilde yararlanmasını bilen bir işletme, kalite kontrol için yapacağı harcamalara karşılık hammadde, yakıt ve insan gücü harcamalarında ve enerjinin tasarrufu konularında büyük kazançlar sağlayacak, ayrıca kusurlu, iskarta oranlarını azaltmak yolu ile büyük rekabet gücü kazanacaktır.

Sayılabılır kalite ölçüm yöntemleri, işletme yöneticisinin karar verme fonksiyonuna yardımcı olmayı amaçlayan, karar ortamının matematik-istatistik modelini kurmayı ve model üzerinde işlem yapmayı kapsar (Halaç, 1991). Kantitatif kalite ölçüm araçları, kalitenin ölçülmesinde geçmiş dönem verilerinden yararlanarak aksaklıkların giderilmesine ve kayıpların önlenmesine çalışan uygulamalar olup, en sık kullanılan yöntemler şunlardır,

- Oran Analizi
- Pareto Analizi
- Dağılım ve Korelasyon Analizi
- Gruplandırma
- Sebep-Sonuç Diyagramı
- Fayda-Maliyet Analizi
- Kontrol Çizelgeleri
- Kabul Örnekleme
- Eğilim (Trend) Analizi

2.5.1. Oran Analizi

Bu analiz yöntemi, anlamlı ilişkiler içinde olan maliyet bilgilerinin birbirlerine oranlanmasını ifade etmektedir. İşletmenin bölümleri arasında kalite maliyet performansına ait oran analizinde ilk adım, kalite maliyetlerinin toplanması ve bölümler arasında karşılaştırma yapabilmek için uygun bir ortak paydanın bulunmasıdır. Bulunan uygun payda, bölümün yapısına bağlı olacaktır. Eğer bölümler, kar merkezli olarak organize edilmişlerse, satış gelirleri, satış maliyetleri ve net gelir mantıksal paydalıdır. Diğer yandan, eğer bölümler maliyet merkezleri olarak organize edilmişlerse kalite maliyetleri, bölümle ilgili varlıkların bir yüzdesi olarak veya işgören saatlerinin bir

yüzdesi olarak, toplam mamul maliyetleri ile ilişkilendirilebilir (Edmonds and Thomas, 1989).

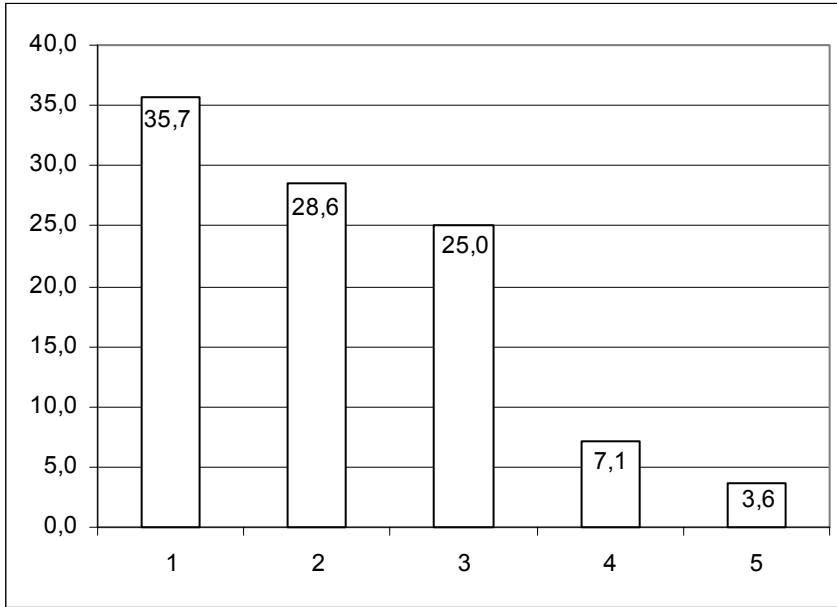
2.5.2. Pareto Analizi

Kalite geliştirme çalışmalarında sık kullanılan tekniklerden biri olan Pareto analizi, sorunlara neden olan öğelerin, önem derecelerine göre sıralanarak alınacak karşı önlemlerin hangi nedenlere yönlendirilmesi gerektiği konusunda yardımcı olan etkili bir araçtır (Özevren, 1997). İtalyan iktisatçı Vilfredo Pareto, araştırmaları sırasında işletmelerde stoklara bağlı sermayenin %80 inin ürünlerin sadece %20 sine ilişkin olduğunu tespit etmiştir. Bunun anlamı, bağlı paranın dağılımı bir hayli dengesizdir. Pareto'nun bu gözlemi bugün "80:20" kuralı olarak bilinen ilişkiye yol açmıştır (Düren, 1990). Herhangi bir sonuca neden olan faktörler önemlerine göre sıralandığında sonuçların % 80 inin sebebi olarak % 20 lik bir yığılma gözlemlendiği için bu adlandırma yapılmıştır.

Önce çeşitli işlem veya bölümlerde belli bir zaman diliminde meydana gelen hata adedi tespit edilerek, her bir hata sayısının normal ve toplamalı (kümülatif) frekans yüzdeleri hesaplanmaktadır. Daha sonra bu veriler bir histogram ve toplamalı frekans haline getirilmektedir. Bu yol ile aksaklıkların % 80 ini oluşturan temel nedenler kolaylıkla bulunabilmektedir. Bu gerçekten hareketle, önemliyi önemsizden ayırt etmekte Pareto Analizi kullanılmaktadır. Çizelge 2.3 ve Şekil 2.3'de bir mermer fabrikasında bulunan ayıklama masasındaki hatalı 28 fayans ile ilgili olarak elde edilen verilerden yararlanılarak yapılan Pareto tablo ve grafiği verilmiştir;

Çizelge 2.2. Pareto Analizi Örneği

HATA TÜRÜ	HATA ADEDİ	ORAN	KÜM. ORAN
Boyut hatalı	10	35.7	35.7
Kalınlık hatalı	8	28.6	64.3
Kenar çatlağı	7	25.0	89.3
Cila hatalı	2	7.1	96.4
Renk farklı	1	3.6	100.0



Şekil 2.3. Örnek Pareto Analizi Grafiği

Tablo ve grafik birlikte değerlendirildiğinde, sadece kesim hatalarının (boy ve kalınlık) toplamının % 64 oranına ulaştığı gözlemlenebilmektedir. Bu durumda tüm sistem yerine, mermer boyutlandırma ve kesim işleminde yapılacak bir düzeltme ile toplamda % 64 oranında bir hata azaltma oranına ulaşmak mümkün olacaktır.

2.5.3. Dağılım ve Korelasyon

Kalite problemlerinin çözümünde çoğu zaman hatalara neden olan faktörler araştırılır. Tipik olarak bir değişkenin başka bir değişken ile ilişkisi incelenir. Örnek olarak Katrak ürünü olan levhaların kalınlık değişimlerine katrak kesim hızının etkisi verilebilir. Değişkenlerin sonuca etkilerinin incelendiği araştırmalarda korelasyon analizleri ve dağılım diyagramlarından yararlanılır. Dağılım diyagramı, bir değişkenin ilişki aranan diğer değişkenlere göre gösterimidir. Bir üretim sistemi içerisinde yüzlerce farklı değişken bulunabilir. Sonuç olarak sistem hatalı ya da kalitesiz bir çalışma içerisine girmiş ise tüm sistemin değerlendirilmesinden çok, hatanın kaynaklanması ihtimali olan değişken üzerinde bir kontrol artırımına ya da yenilenmeye gidilebilir. Bir üretim sisteminde öne çıkan değişkenlerin, sistemin tümüne olan ilişkisi hatalar

meydana gelmeden önce tespit edilirse hataya müdahale etmek ve sistemi planlanan haline geri döndürmek o oranda kolay olacaktır.

2.5.4. Gruplandırma

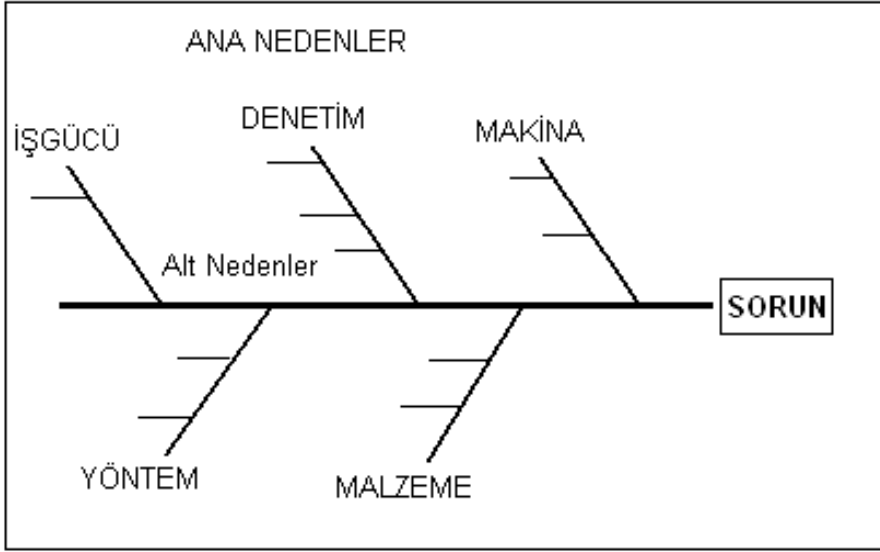
Bir sistemi oluşturan değişkenler aralarındaki ilişkilerin tam olarak ortaya çıkarılmasını güçleştirecek kadar çok olabilmektedir. Gruplandırma kabaca; sistemi kontrol etmek için toplanan verilerin, sonuçta hata kaynağını en hızlı şekilde bulmak olarak tanımlayabileceğimiz hedefe en kısa sürede ulaşabilmemiz için bize yardımcı olabilecek şekilde veri grupları olarak toplanması ve değerlendirilmesidir. Gruplandırma işin başlangıcında yani veri toplama esnasında doğru yapıldığı zaman, ayrı bir analiz sayılamayacak kadar iyi sonuçlar verebilir. Toplanan verilerin hangi vardiyadan alındığı, gece-gündüz ayrımı, hangi makina ya da araçların kullanıldığı gibi ayrıntılar kimi zaman umulmadık hataların düzeltilmesinde çok yardımcı olmaktadır.

Bir mermer işleme fabrikasında, kırık fayans içeren fayans sandıkları üzerinde yapılan bir kontrolde kırık sayılarının karmaşık bir dağılım göstermesi standart sapmasının yüksek olması nedeniyle bir hata kaynağı bulunamamıştır. Daha sonra veriler gece ve gündüz vardiyası diye ayrıldığında standart sapma düşmüş, değerler belli iki ortalama üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu durumda değeri yüksek olan gece vardiyası paketleme servisi kontrol edilerek paketlemedeki elemanın hatalı çalıştığı tespit edilmiştir. Veriler gruplanmadan değerlendirilse idi sonuca gitmesi çok daha uzun süre alacak bu çalışma sonucunda eleman eğitilerek sorun giderilmiştir.

2.5.5. Sebep-Sonuç Analizleri

Japon kalite devriminin mimarlarından Kauro Ishikawa'nın adıyla da anılan sebep-sonuç diyagramları, işletmelerde kalite problemlerinin nedenlerini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Görüntüsünden dolayı balık kılçığı diyagramı da denilen bu yöntem; kalite kontrolü, üretim denetimi, maliyetlerin kontrolü, tasarım işleri, alım-satım gibi çok çeşitli konularda problemin tespit ve analizi veya işbölümü etütlerinde kullanılmaktadır (Koçel, 1998). Uygulaması oldukça kolay olan yöntem, problemin

kaynağını sistemli bir biçimde araştırmaya yöneliktir. Diyagramın sol tarafında “nedenler” sağ tarafında da “sorun” yer almaktadır. Tek bir sorun için genellikle her bir problem ayrı ayrı inceleme konusudur. Nedenler ise ana gruplar halinde ele alınır. Her nedenin alt nedenleri vardır. Şekil 2.4’de tipik bir balık kılçığı diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.4. Tipik Bir Sebep-Sonuç Diyagramı

Bir balık kılçığı diyagramı gelişim sırası;

- Araştırılacak problem bir kutu içinde alınır ve kalın bir okla gösterilir
- Bir probleme sebep olabilecek ana nedenler birer kutu içine alınarak bu oka bağlanır
- Her ana nedenin hataya sebep olabilecek alt nedenler işaretlenir
- Tüm alt nedenler tamamlanıncaya kadar diyagram dallandırılır.
- Çalışmayı yapan grup üyeleri beyin fırtınası kuralları uygulayarak en önemli nedenleri belirler.
- Belirlenen bu nedenlerin doğrulanması için veri toplanır, incelenir ve yorumlanır. Problem çözülene kadar araştırmaya devam edilir.

Genel olarak, kalite problemlerinin nedenleri oldukça karmaşıktır. Bu bakımdan balık kılıcı diyagramı da karmaşık olacaktır. Diyagramın yalın olması analizin yetersizliğine işaret eder. Aslında balık kılıcı diyagramı herhangi bir işletme probleminde uygulanabilecek kadar genel bir yöntemdir.

2.5.6. Fayda Maliyet Analizi

İşletmelerde kararların mutlaka ekonomik bir temele dayanması esastır. Fayda-maliyet analizi bu tür bir temeli oluşturan basit fakat yararlı bir yaklaşımdır. Fayda-maliyet analizleri başlıca iki nedenle uygulanır. Bunlar;

- Belirli bir amaca yönelik alternatifler arasından en uygun olanı seçmek,
- Birbirinden bağımsız projeleri değerlendirip öncelik sırasına koymak, olarak ifade edilebilir.

Birinci gruba, makina ekipman seçimi, hammadde seçimi, malzeme tedariki, dağıtım kanalı tercihleri, imal etme ve/veya satın alma tercihleri, kiralama ya da satın alma tercihleri vb. gibi örnekler verilebilir. İkinci gruba uygun örnekler ise maliyeti düşürme projeleri, kalite geliştirme projeleri, otomasyon projeleri, proses geliştirme projeleri vb. olabilir. Fayda-maliyetin, kolayca ekonomik değere dönüştürülemeyen bileşenleri olabilir. Analizi yapanlar bunları dikkate almak zorundadırlar. Özellikle kalite iyileştirmenin ölçülemeyen faydaları ölçülebilen faydalarının çok üzerindedir. Çözümlerin uygulanma önceliklerinde şu üç faktör göz önüne alınmalıdır;

- Çözümün getireceği faydanın büyüklüğü
- Çözümün fayda-maliyet oranı
- Çözümün devreye girme hızı

Kalite maliyetlerini ölçebilmek için çok kullanılan iki yöntem bulunmaktadır. Her iki yöntem de kalite maliyetlerinin toplam maliyetler içerisindeki yerini bir oran olarak hesaplayarak yöneticilere bir fikir vermeyi amaçlamaktadır. Bu oranlar belirli bir

süreç boyunca takip edilerek artış ya da azalmalar gözlenerek nedenleri üzerinde tartışılabilir ve işletmeler bu sayede kalite maliyetlerine etki eden özel şartlarını ortaya çıkarabilirler. Takip eden bölümlerde kalite maliyetleri ölçüm yöntemlerinden olan kalite endeksi ve kalite performansı konularında bilgi verilecektir.

2.5.7. Kalite Endeksi

Mamul üretimini gerçekleştirmek için gereken faaliyetlerin her bir safhasında test ve muayene gibi değişik faaliyetler yapılarak ürünün kaliteli olmasına çalışılmaktadır. Bu açıdan kaliteli üretimin sağlanması için katlanılan emek ve diğer harcamaların önemi ihmal edilmeyecek kadar büyüktür.

Ancak bu büyüklüğün ölçülmesini belirleyebilmek için kalite ve üretim maliyetlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiler olmadan kalite endeksi hesaplanamaz. Geliştirilen kalite endeks formülü (2.1) de verilmiştir (Bayram, 2000).

$$K = 100 \times \left(\frac{X}{Y} + 1 \right) \dots\dots\dots (2.1)$$

K = Kalite Endeksi

X = Toplam Kalite Maliyetleri (YTL)

Y = Üretim Maliyetleri (YTL)

Bu işlemde kalite endeksinin 100'e eşit olması durumunda üretimin mükemmel olduğu yani kusurlu ürünün olmadığı anlaşılmaktadır. Böyle bir durumun uygulamada mümkün olması ender olmakla birlikte eğer gerekirse, girdiler mamul haline geldikten sonra tekrar bir kontrole gerek yok demektir. Bu ise istenen durum olup, böylece mamul kontrol maliyetlerinden sakınılmış olunmaktadır.

Ancak bunun gerçekleşmesi çok yüksek maliyet getirmektedir ki hiçbir firma kısa vadede böyle bir maliyete katlanmayı göze alamaz. Bu yüzden K'nın değeri kalite yatırımı yapan işletmelerde 105 civarında gerçekleşirken, böyle bir yatırımı yapmaktan

kaçınan firmalarda bu değer 110 ila 130 gibi yüksek bir oranda seyretmektedir (Bayram, 2000).

2.5.8. Kalite Performansı

Kalite faaliyetleri sonucunda oluşan verimlilik, kalite performansı olarak ifade edilmekte olup, kalite maliyetlerinin vergi öncesi kar artı toplam kalite maliyetleri toplamına oranlanması yolu ile elde edilir (Bayram, 2000). Bu ilişkiyi bir eşitlik olarak yazacak olursak;

$$KP = 100 \times \left(1 - \frac{TKM}{TKM + VÖK}\right) \dots\dots\dots (2.2)$$

Burada;

KP : Kalite Performansı

TKM : Toplam Kalite Maliyetleri (YTL)

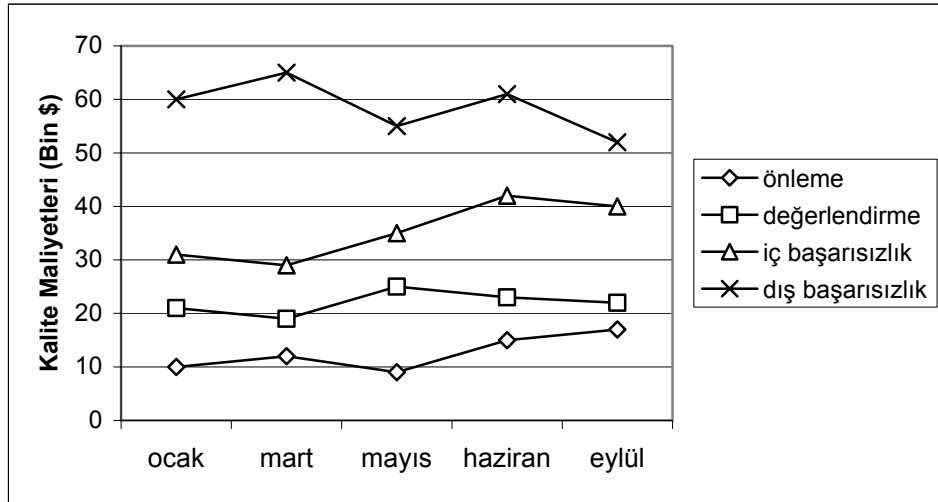
VÖK : Vergi Öncesi Kâr (YL)

Bu işlem ile elde edilen sonuçlar, kalite konusunda pratik bir bilgi edinmek için değerlendirilir. Elde edilen değer 100'e eşit olması durumunda kalite maliyetleri en aza indirilmiş demek olup, bu nokta karlılığın da en yüksek seviyede olduğu noktadır. Dolayısıyla kusurlu ürün sayısı da en aza indirilmiş ve ürün başarısızlığı sıfır denecek noktaya indirilmiştir. Vergi öncesi kârın sıfır olması durumunda ise kalite performansı da sıfır olacaktır.

2.5.9. Eğilim (Trend) Analizi

Eğilim, bir olayın zamanın işlevi olarak gelişmesidir (Demir ve Gümüşoğlu, 1998). Eğilim analizleri, şimdiki maliyet seviyesi ile geçmiş dönem maliyet seviyesini basitçe karşılaştıran bir tekniktir (Besterfield, 1990). Eğilim analizleri, maliyet kategorileri, üretimin alt kategorileri, mamul, ölçme tekniği, şirkete bağlı fabrikalar, iş merkezleri ve bunların kombinasyonlarına göre düzenlenir. Bu analizler için düzenlene

grafikler, bir dönemi kapsayacak şekilde maliyet gruplarının değişimini gösterebildikleri gibi doğrudan doğruya mamul bazında da grafikler oluşturmak mümkündür. Şekil 2.6'da aylara göre kalite maliyet kalemlerindeki değişimi analiz etmeye yarayacak örnek bir eğilim analizi grafiği verilmiştir.



Şekil 2.6. Örnek Eğilim Analizi Grafiği

Bu grafiklerin analizleri sayesinde, kalite maliyet kalemleri arasındaki ilişkiyi yakalamak ve dengeli bir kalite maliyeti rejimi tutturmak mümkün olmaktadır.

2.5.10. Başarı Oranı

Bir işletmenin kalite düzeyi mevcut işletme ve üretim koşullarında gösterebildiği başarımın ölçütüdür. Tasarımdan satışa ve hatta satış sonrasında kadar kalite fonksiyonu düzeyi işletmenin kalite performansını gösterir. İşletmede hurdalar ve yeniden işleme faaliyetlerinin oranı ve satılan ürünün geri dönüş oranı işletme kalite düzeyini doğrudan etkiler. Bu nedenle kalite planlama ve kontrol faaliyetlerinde gösterilen gelişmenin değerlendirilmesi gerekir. Bu nedenle sayılan özellikleri içerisine alan bir değerlendirme ölçütü (2.28)'de verildiği gibi ifade edilebilir (Aslan, 2001);

$$G_o = h+g+k \dots\dots\dots (2.28)$$

$$B_o = 1-G_o \dots\dots\dots (2.29)$$

Burada,

G_o = Başarısızlık oranı

B_o = Başarı oranı

h = Toplam hurda/Toplam üretim

g = Toplam iade/Toplam satış

k = Toplam kusurlar/Toplam muayene edilenler

2.6. Kalite Kontrol Grafikleri

Kontrol grafikleri, ürünlerin fiziksel değişkenliklerini kontrol etmek amacıyla kullanılır. İstatistik yöntemlerden yararlanılarak çizilen bu şemalar yardımıyla genel kaçınılmaz ve kontrol edilebilir nedenlerle üretim sırasında ortaya çıkan değişikliklerin en yüksek ve en düşük sınırları belirlenir. Kalite değişikliklerinin her zaman bu sınırlar içerisinde kalmasına ve diğer nedenlerle ortaya çıkan önemli değişikliklerin hemen giderilmesine çalışılır (Barutçugil, 1988).

Bir kontrol grafiği, düşey ekseninde yer alan süreç karakteristiğinin yatay eksenindeki örnek numarasına, zamana ya da alınış sırasına göre grafik üzerinde gösterilmesinden meydana gelir. Grafik üzerinde temelde üç çizgi yer alır. Birincisi, ilgilenilen karakteristik Y olarak tanımlanırsa, süreç kontrol altında iken Y 'nin ortalama değerini gösteren orta çizgidir. İkinci ve üçüncü çizgiler ise örnek değerlerinin yada istatistiklerinin aralarına düşmesi beklenen üst ve alt kontrol sınırlarıdır. Bu çizgiler, ilgilenilen karakteristik Y 'ye göre sırasıyla OÇy (orta çizgi), ÜKSy (üst kontrol sınırı) ve AKSy (Alt kontrol sınırı) olarak gösterilir. Genel olarak, bir kontrol grafiğini oluşturmak için, ilgilenilen süreç karakteristiği Y ve parametreleri ortalaması ile standart sapması da, sırasıyla, μ_y ve σ_y olarak gösterilirse ÜKSy ve AKSy değerleri ile OÇy değeri eşitlik (2.4)'de verildiği gibi olacaktır;

$$\text{ÜKSy} = \mu_y + k \times \sigma_y \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{OÇy} = \mu_y \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{AKSy} = \mu_y - k \times \sigma_y \dots\dots\dots(2.5)$$

Burada k değeri istenilen hata olasılığı değerlerine göre tablolar halinde verilen bir katsayıdır ve %5 hata ihtimali için $k=1,96$ alınır.

Örneklemenin Belirlenmesi; Kontrol grafiklerinde, kontrol sınırlarının belirlenmesinin yanı sıra örnek büyüklüğünün ve örnek alınış sıklığının belirlenmesi önemli bir konudur. Örnek büyüdükçe süreç ortalamasındaki küçük sapmaları ortaya çıkarmak daha kolaydır. Birim sayısı 10-20 aralığında olan örnekler alındığında düzenlenen kontrol grafiği, süreç ortalamasındaki değişmelere karşı daha duyarlı olacaktır.

Genelde örnekleme için iki yaklaşım vardır. Birincisi, her örnek için alınacak birimlerin birbirine çok yakın zamanda üretilmiş olmasıdır. Örneğin saat başı n birimlik örnek alınıyorsa bir saatlik sürenin sonlarına doğru üretilen birimlerden örnek oluşturulur. Böylece örnek içindeki değişkenlik en aza indirgenmiş, örnekler arasında değişkenlik şansı artırılmış olur. İkinci yaklaşım ise belirli bir zaman aralığında ya da belirli bir miktar üretildikten sonra tesadüfi olarak çekilen birimlerden örneği oluşturmaktır. Birim çekme işlemi, bir anda yapılabileceği gibi belirlenen aralıkta tesadüfi olarak birer birer, n tane birim çekilir ve örnek oluşturulur.

İşaretlenen bir noktanın kontrol sınırları dışında kalması, sürecin kontrol dışı olduğunun göstergesidir. Süreç sadece şans etkileri altında olduğunda, bir noktanın kontrol sınırları dışına çıkması olasılığı çok düşüktür. Öte yandan noktaların kontrol sınırları içinde yer almaları, her zaman sürecin kontrol altında olduğu anlamına gelmeyebilir. Noktalar belirli bir yerde yoğunlaşmış olabilecekleri gibi artan ya da azalan bir düzen de gösterebilirler. Süreç kontrol altında olduğunda, ilgili kontrol grafiği üzerindeki noktalar belirli bir düzen göstermeksizin rasgele bir biçimde dağılmışlardır.

Kontrol grafiğine işaretlenen noktalardaki sapmalar ilgilenilen süreç karakteristiğinin ortalamasında ya da dağılımında oluşan sapmalardan kaynaklanır. Bir başka ifadeyle, örneğin alındığı ana kütlenin parametreleri değişmiştir ve örneği etkilemiştir (Burnak, 1997). Mermer işleme tesisleri için kalite kontrolü genellikle ölçülebilir özellikleri içermektedir. Mermer ürünlerinin kalınlıkları, boyutları, köşegen

uzunlukları bir mermer işleme tesisi için en çok uygulanan kalite kontrol ölçümleridir (Konuk, 1999). Ürünlerin ölçülebilir karakteristikleri için kalite kontrolünde;

- Değişim Aralığı (R)
- Standart Sapma (S)
- Ortalama (X)

Kontrol grafikleri kullanılır. Her kontrol grafiği ortalama bir çizgi (OÇ) ile bunun etrafında tesadüfi nedenlerden meydana gelebilecek üst (ÜKS) ve alt (AKS) kontrol sınırlarını içerir. Kontrol grafiklerinin çiziminde, kontrol sınırları ortalama çizgiden ± 3 standart sapma uzaklıkta olacak şekilde oluşur.

2.6.1. Değişim Aralığı Kontrol Grafiği

Bir üretim sürecinden yapılan örnekleme sonucu elde edilen birimlerin en büyük (X_{enb}) ve en küçük (X_{enk}) değerleri arasındaki fark değişim aralığı (R) olarak tanımlanır ve,

$$R = X_{enb} - X_{enk} \dots\dots\dots (2.6)$$

Şeklinde hesaplanır. Değişim aralığını izlemek amacıyla çizilen grafiklere Değişim Aralığı Kontrol Grafiği” veya R-Kontrol Grafiği denilmektedir.

Her biri n birimden oluşan k adet örnekleme yapılması ve örneklerin değişim aralığının belirlenmesi sonucunda değişim aralıkları ortalaması eşitlik (2.7)’de eşitlikle hesaplanır;

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{R}_i}{k} \dots\dots\dots (2.7)$$

R-kontrol grafiğinin orta çizgisi ve kontrol sınırları da (2.8), (2.9) ve (2.10) da verilen eşitlikler ile hesaplanır.

$$\text{ÜKS}_{(R)} = \bar{R} + 3 \times \sigma_R \dots\dots\dots (2.8)$$

$$\text{OÇ} = \bar{R} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{AKS}_{(R)} = \bar{R} - 3 \times \sigma_R \dots\dots\dots (2.10)$$

Burada σ_R : R_i değişim aralıkları dağılımının standart sapması olup, değeri bilinmemektedir. Değişim aralıkları dağılımının standart sapması, örnek büyüklüğüne bağlı olarak hesaplanmış katsayılar (D_3 ve D_4) yardımıyla belirlenmektedir. Bu katsayılar

$$D_3 = -3 \times \sigma_R \text{ ve } D_4 = +3 \times \sigma_R \dots\dots\dots (2.11)$$

Olacak şekilde düzenlendiğinden, bu durumda kontrol grafiği sınırları aşağıda verilen eşitliklerdeki gibi hesaplanabilir;

$$\text{ÜKS}_{(R)} = D_4 \times \bar{R} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{OÇ} = \bar{R} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\text{AKS}_{(R)} = D_3 \times \bar{R} \dots\dots\dots (2.14)$$

Değişim aralıkları ortalaması kontrol grafiklerinin kullanımında, her bir örneklemede bulunacak örnek birim sayısının $n \geq 4$ olması tercih edilir. Örnek birim sayısının $n > 15$ olması halinde ise standart sapma ortalaması grafikleri kullanılır.

2.6.2. Standart Sapma Kontrol Grafiği

Alınan örneklerden birim sayısının $n > 15$ olması durumunda değişim aralığı yardımıyla kalitedeki değişimin incelenmesi sağlıklı olmaz. Bu gibi durumlarda, standart sapma ortalamaları grafiği yardımıyla değişimin incelenmesi ve ölçülmesi gerekir. Standart sapması bilinmeyen bir ana kütleden her biri n birimden oluşan k adet örnek alınarak standart sapmaları hesaplandıktan sonra, bilinmeyen standart sapma ortalaması olarak tahmin edilir. Standart sapmaların ortalaması;

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k S_i}{k} \dots\dots\dots(2.15)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Örnek büyüklüğüne bağlı olarak elde edilmiş katsayılar yardımıyla da standart sapma ortalaması kontrol sınırları belirlenir; Burada B₃ ve B₄ örnek sayısına bağlı katsayılardır ve numune sayısına bağlı olarak 0 ile 3,267 arasında değişmektedir. Tam değerleri kalite kontrol istatistiği kitap ve kaynaklarının arkasında tablolar olarak verilmektedir.

$$\text{ÜKS}_{(S)} = B_4 \times \bar{S} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\text{OÇ} = \bar{S} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$\text{AKS}_{(S)} = B_3 \times \bar{S} \dots\dots\dots(2.18)$$

2.6.3. Ortalama Kontrol Grafikleri

Kalite kontrolünde sadece değişim aralığı veya standart sapmanın kontrolü yeterli olmayıp, bazı durumlarda ortalama değerinin de kontrol edilmesi gerekmektedir. Ortalama kalite düzeyinin kontrolü için geliştirilen grafiklere ortalama kontrol grafikleri denilmektedir. Ana kütlede her biri n birimden oluşan k adet örnek alınması ve her birinin ortalamasının hesaplanması halinde, ortalamaların da dağılımı elde edilir. Ortalamaların dağılımının genel ortalaması;

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k} \dots\dots\dots(2.19)$$

eşitliği ile hesaplanabilmektedir. Burada \bar{X}_i = her bir i'nci örnekleme ortalaması, k=örnekleme sayısı, $\bar{\bar{X}}$ =örnekleme ortalamalarının genel ortalamasıdır. Bu genel

ortalama aynı zamanda ana kütle ortalamasının bir tahminidir. Ortalamalar dağılımının standart sapması ise;

$$\sigma_x = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Burada σ ana kütle standart sapması olup değerinin bilinmediği ve $n \geq 30$ olduğu durumlarda örnek kütle standart sapması ana kütle standart sapmasına eşit kabul edilebilir. B durumda her bir örnekleme sonucunda S_i 'ler hesaplanır ve ortalaması, ana kütle standart sapması olarak kabul edilir. Ortalamaların genel ortalamasına göre kontrol sınırları;

$$\text{ÜKS}_{(x)} = \bar{X} + 3 \times \sigma_x \dots\dots\dots (2.21)$$

$$\text{OÇ} = \bar{X} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$\text{AKS}_{(x)} = \bar{X} - 3 \times \sigma_x \dots\dots\dots (2.23)$$

olarak bulunur. Örnek büyüklüğünün $n < 30$ olması halinde ise örnek kütle standart sapması, ana kütle standart sapmasına eşit kabul edilemeyeceğinden, değişkenlik ölçüsü olarak değişim aralığı kabul edilir. Bu durumda kontrol sınırları, örnek büyüklüğüne göre daha önceden hazırlanmış çizelgelerden elde edilen ve değeri numune sayısına bağlı olarak 0,2-1,8 arasında değişen A_2 katsayısı yardımıyla belirlenmelidir.

$$\text{ÜKS}_{(x)} = \bar{X} + A_2 \times R \dots\dots\dots (2.24)$$

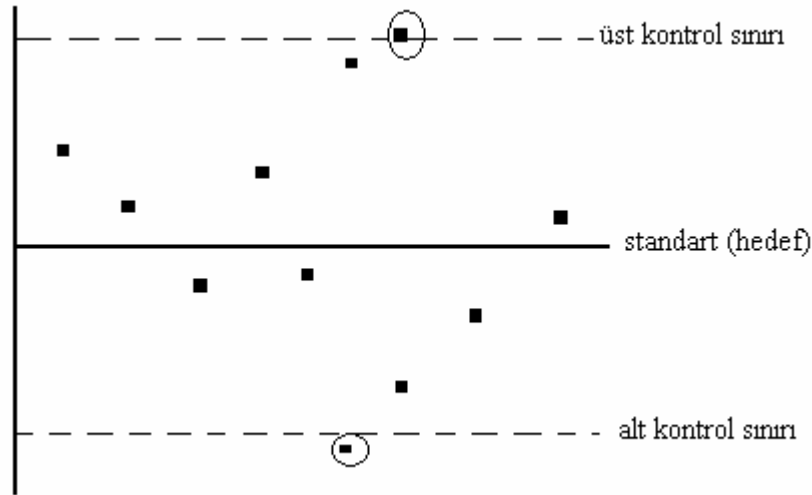
$$\text{OÇ} = \bar{X} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$\text{AKS}_{(x)} = \bar{X} - A_2 \times R \dots\dots\dots (2.26)$$

2.6.4. Kalite Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması

Örnekleme ile elde edilen veriler yardımıyla hazırlanan kontrol grafikleri, üretim sürecinde kalitenin kontrol altında olup olmadığının yorumlanmasında kullanılır.

Kalite kontrol grafiklerinde işaretlenen noktalardan bir ya da fazlasının alt ve üst kontrol sınırları dışına çıkması, üretim sürecinde kalitenin kontrol dışında olduğunun en büyük göstergesidir. Bu durumun tesadüfi (rassal) nedenlerle gerçekleşmesi olasılığı çok düşüktür. Bu duruma benzer bir grafik Şekil 2.5’de verilmiştir.



Şekil 2.5. Kontrol Grafikleri ve Kontrol Dışı Noktalar

Böyle bir durum ile karşılaşıldığında üretim sorumlusu, bunun nedenlerini bulmak ve ortadan kaldırmak için çalışmalar yapmak zorundadır. Kalitenin kontrol dışı olmasının nedenleri, ekipman yaşlanması, işgören hatası, malzeme özelliklerinin değişimi, çevre koşullarının değişimi gibi çok çeşitli olabilir (Konuk, 1999).

2.7. Süreç Kontrolünün Modellenmesi

Bir işletme için üretim bölümü işletmenin en önemli bölümlerinden birisidir. Üretilen ürünün kalitesi bu süreçten geçerken oluşur. Madencilik gibi özel üretim biçimlerinde ürün hammaddesi doğal oluşumlar sonucunda oluştuğu için içerisinde kalitesizlik unsurları da barındırıyor olabilir. Ancak genel olarak bir ürünün kalitesi üretim sürecinde belirlenir. Üretim aşamasında önceden belirlenen hedef ürün özelliklerine yeterince özen gösterilmez ise amaçlanan kalite değerine ulaşamayacağı açıktır.

İstatistiksel kalite kontrolünde ürünlerin bir özelliği değerlendirilerek standarttan sapma olup olmadığı belirli aralıklar ile ölçülmekte ve süreç kontrolü hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Bağımsız kabul edilen değişkenler uygulanan grafiklere göre her biri kontrol altında görülecek fakat sistem gerçekte kontrol dışında olabilecektir. Bu durumun karşıtı da meydana gelebilir. Belirtilen durumu ortadan kaldıran ve değişkenler arasındaki ilişkiyi içeren bir yöntem gerektirir (Burnak, 1986).

Bir başka husus ise kontrol için alınan numunelerin başlı başına kalite maliyeti yaratmalarıdır. Bilgisayarlar için anakart üretimi yapan bir sistemden kalite kontrol numunesi alındığı düşünülürse her bir numunenin yaklaşık maliyetinin 100\$üzerinde olduğu kolayca bulunur. Çalışmama ihtimalinin çok büyük sorunlara neden olacağı böylesi bir üretim sisteminde ne kadar fazla numune alınır ise o kadar iyi kontrol sağlanacak ve kusurlu ürün riski azaltılacaktır. Fakat öte yandan numune sayısındaki artış, her bir numunenin kendi maliyetlerinden dolayı kalite maliyetlerini arttıracaktır.

Gerek kalite değişkenlerinin birden fazla ve bağımlı olduğu durumlar için ve gerekse numune maliyetinin yüksek olduğu durumlar için üretim süreçlerinden hangi aralıkta, hangi sayıda numune alınır ise en iyi (optimum) kontrol gerçekleştirilmiş olur diye çalışmalar yapılmış ve sistem kontrolü için bir model geliştirilmiştir.

Model ile bir üretim sisteminin kontrol altında olup olmadığı, sistemden belirli aralıklar ile alınan numunelerin değerlendirilmesi ile ortaya çıkmaktadır. Model kontrol maliyet modeli olarak numune sayısı, numune maliyeti gibi değerleri kullanmaktadır. Bölüm 2.7.1’de bu model ile ilgili bilgi verilecektir.

2.7.1. Montgomery-Klatt Maliyet Modeli

Çok değişkenli kalite kontrolünde yaygın olarak kullanılan yöntem T^2 -kontrol grafiği yöntemidir. $H_0 = \mu - \mu_0$ hipotezinin temelini oluşturduğu yöntemde örnek için hesaplanan T^2 değeri grafik üzerine işaretlenir. İşletmenin diğer faaliyetlerinde olduğu gibi, bu kontrol yönteminin uygulanmasında da bir maliyetin ortaya çıkacağı açıktır. Maliyet ise işletmede üzerinde önemle durulması gereken bir konudur. Ürün kalitesinin

çok boyutlu açıdan kontrol etmek için düzenlenen T^2 kontrol grafiğinin en küçük maliyetle uygulanması gerekir.

2.7.1.1. Modelin Varsayımları

T^2 istatistiğinin çok değişkenli kalite kontrolünde kullanılmasına karşı gelen kontrol grafiğinin oluşturulmasını gerekli kılar. Montgomery ve Klatt, T^2 kontrol grafiğinin ekonomik bir yapıda uygulanabilmesi için bir maliyet modeli geliştirmişlerdir. Çok değişkenli kalite kontrolünde T^2 -kontrol grafiği uygulanması nedeniyle, bir birime düşen beklenen toplam maliyeti veren modelin varsayımları ise (Burnak, 1986);

- I. İlgilenilen ürünün p-kalite özelliğinin dağılımı p-değişkenli normal dağılımdır.
- II. Numune ortalaması μ , ürünün p-kalite özelliği için belirlenen ortalaması μ_0 olmak üzere $\mu = \mu_0$ iken süreç kontrol altındadır.
- III. μ_0 'dan sapma miktarı $p \times 1$ boyutlu δ vektörü bilindiğinde süreç ortalama vektörü $\mu_1 = \mu_0 + \delta$ iken süreç kontrol dışıdır.
- IV. Sürecin kontrol dışına çıkmadan önce kontrol altında kalma süresi, ortalaması λ^{-1} saat olan üstel dağılıma sahip bir tesadüfi değişkendir.
- V. Süreç kontrol dışına çıktığında, belirleninceye kadar o durumda kalır. Diğer bir ifadeyle, alınan numuneye ilişkin hesaplanan T^2 değerinin T^2 -kontrol grafiğinden büyük olduğu görülünceye kadar süreç kontrol dışında kalır

2.7.1.2. Modelin Genel Yazılımı

T^2 -kontrol grafiği için geliştirilen Montgomery-Klatt Maliyet Modeli üç ana bileşenlerden oluşmaktadır. Modelin bileşenleri ve modelde yer alan değişkenler (2.30)'da tanımlanmıştır.

$$B[C] = B[C1] + B[C2] + B[C3] \dots \dots \dots (2.30)$$

Burada,

B[C1] : numune almanın ve kontrol yöntemi uygulamanın bir birime düşen beklenen maliyeti

B[C2] : kontrol yöntemi sürecin kontrol dışı olduğunu gösterdiğinde sürecin incelenmesi ve düzeltilmesinin bir birime düşen beklenen maliyeti

B[C3] : kusurlu üretimin bir birime düşen beklenen maliyeti olarak tanımlanır.

Modele göre sürecin kontrol altında kalma olasılığı (Burnak, 1988, Burnak, 1986),

$$P_0 = e^{-\lambda k / R} \dots\dots\dots (2.31)$$

ve kontrol dışı kalma olasılığı da,

$$P_1 = 1 - e^{-\lambda k / R} \dots\dots\dots (2.32)$$

Burada;

P₀ : Sistemin Kontrol Altında Kalma Olasılığı

P₁ : Sistemin Kontrol Dışında Kalma Olasılığı

λ : Ortalama Arıza Sayısı

k : Ardışık İki Numune Arasında Üretilen Birim Sayısı

R : Bir Saatte Üretilen Birim Sayısı

e :Doğal Logaritma Sabiti

Olarak verilmektedir.

2.8. Önceki Çalışmalar

Bu bölümde kalite, kalite maliyetleri, kalite maliyet optimizasyonu, mermer işleme tesisleri gibi konularda yapılmış olan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Kalite ve ilişkili kavramların tanım ve ayrıntılarının verildiği önceki bölümlerde atıf yapılan çalışmalara bu bölümde tekrar yer verilmemiştir.

Burnak (1986), çalışmasında kalite kontrol grafiklerinden ve istatistiğinden söz ettikten sonra çok değişkenli kontrol sistemlerine değinmiştir. Burnak, çok değişkenli terimi ile numunenin birden fazla parametresinin kontrol edilerek sistemin kontrol dışı olup olmama ihtimalinin hesaplanmasını ifade etmiştir. Çalışmanın örnek bölümünde bir banyo musluğu rekorunun x, y ve x yönlerindeki ölçümler alınarak kontrol sınırları içerisinde olup olmadığı incelenmiş ve Montgomery ve Klatt'ın T^2 kontrol grafiklerinin ekonomik bir yapıda uygulanabilmesi için geliştirdikleri bir maliyet modeli tanıtılmıştır. Kalite kontrolü ve kusurlu malların maliyetinin üretilen bir birim ürüne düşen maliyetinin kestirimini içeren model açıklanarak örnek üzerinde uygulanmıştır.

Cesur (1993), kalite ve ilişkili kavramlar hakkında tanımlamalar ve sınıflamalar verdikten sonra eniyileme ve hedef programlama kavramları üzerinde durmuştur. Bir elektrik motoru üreticisi firma için hedef programlama uygulaması ile çalışmasını sonlandırmıştır. Kalite maliyeti olarak doğrudan başarısızlık maliyetlerini, hatalı ürünleri almıştır ve diğer kalite türlerine değinmemiştir.

Yıldız (1995), çalışmasında mermer sanayi işletmeleri hakkında detaylı bilgi verdikten sonra bu işletmelerde tutulan muhasebe kayıtları ayrıntılı olarak açıklayarak bir örnek uygulama yapmıştır.

Karaca (1997), mermer işleme tesisleri makine parkı ve iş-akış tasarımı ile ilgili 3 ayrı model (A, B ve C) tanıtarak modellerin tek tek analizini yapmıştır. Bu analizlerin ve eleştirilerin ardından bir karma model önerilerek (D) kritik yörünge diyagramları çıkarılmıştır. Bu yörünge diyagramlarında iş-akışlarının zaman değerleri çıkarılarak modeller kıyaslanmıştır.

Oğuzlar (1998), istatistiksel süreç kontrolü hakkında detaylı bilgi vermiştir. Ardından çok değişkenli istatistiksel süreç kontrolü ve ilgili grafikler ile T^2 grafikleri üzerinde durmuştur. Sonuçta ise bir işletme uygulaması verilmiştir. Çalışmada bir motor için 5 faktör seçilerek veriler toplanmış ve istatistiksel analiz sonucunda değişimler değerlendirilmiştir.

Özden (2000), mermer işleme tesisleri ile ilgili çalışmasında cilalama performansları ve aşındırıcı seçimi üzerinde durmuş ve taş özelliklerine bağlı olarak soket davranışlarını deneysel olarak incelemiştir.

Mete (2000), Kalite ve ilgili kavramlar hakkında bilgi vermiştir. Kalite maliyetlerinin türlerini tanımladıktan sonra bir uygulama yaparak Netaş AŞ'de gözlemlenen kalite maliyetlerini ayrıntılı olarak tablolamış ve toplam kalite maliyeti/toplam üretim maliyeti oranını "kalite indeksi" olarak tanımlayarak sözü geçen işletme için bu indeksin değerini belirli yıllar için bulmuştur. Çalışma içerisinde gerçek anlamda bir matematiksel eniyileme hesabı bulunmamaktadır.

Bayram (2000), ayrıntılı çalışmasında kalite maliyeti kavramı ve tarihsel gelişimi hakkında bilgi vermiş, kalite maliyetlerinin ölçülmesi için kullanılan analiz yöntemlerine değinmiş ve kalite maliyetlerinin diğer maliyet kalemleri altında görünmez olduğunu, işletmelerin bu bilgileri yayınlamadıkları bilgisini vermiştir. Ayrıca kalite maliyetlerinin farklı gruplardan oluştuğu ve her grubun ayrı optimize edilmesi gerektiği görüşünü öne sürmüştür. Bu sava destek olarak, kalite planlamasının artması ile önleme ve değerlendirme maliyetlerinin artarken, dış başarısızlık maliyetinin düştüğü bilgisini örnek vermiştir. Bu nedenlerden dolayı da toplam bir eniyilemenin zorluğundan söz edilmiştir. Çalışmada ayrıca her bir kalite maliyeti türünün nasıl düşürüleceği konusunda sözel bilgi verilmiş, bir eşitlik ya da eniyileme sunulmamıştır.

Mermer işleme tesisleri ile ilgili bir çalışmada ise Visual Basic programından ve veri madenciliği kavramından söz edildikten sonra mermer işleme tesislerinin makine parkı ve işletmede etken parametreler üzerinde durulmuştur. Ardından yapılan basit bir program tanıtılmıştır. Programda istenen kapasiteye göre bazı seçimler ve hesaplamalar

yapılmakta ve personel bilgileri gibi basit veri tabanı değerleri tutulmaktadır (Deliormanlı, 2000).

Kalite Maliyetlerinin Optimizasyonu başlığı ile yapılan bir çalışmada ise kalite maliyetlerinin bilinen sınıflanması yapıldıktan sonra azaltılması için neler yapılabileceği anlatılmış, tablolar verilmiş, raporlamalara vurgu yapılmış ancak bir eniyileme eşitliği verilmemiştir (Gülyüz, 2001).

Siso (2002), Kalite maliyetlerinin raporlanması için bir çalışma yapmış, muhasebe kodları ile ilgili açıklamalar vermiştir.

Ersoy (2002), mermerler ve mermer işleme tesisleri makinaları hakkında bilgi verdikten sonra kalite kavramına değinmiş ve mermer üretim sürecindeki kalite kontrol noktalarını akım şemasında göstererek bu noktalarda yapılabilecek kontrolleri açıklamıştır.

Atay (2003), kalite kavramı hakkında ayrıntılı bilgi verdikten sonra muhasebe sistemleri üzerinde durmuş ve kalite maliyetlerinin muhasebeleştirilmesi konusunda bir çalışma yapmıştır.

Kalite kavramının önemli isimlerinden Juran'ın Quality Handbook adlı eser, tam birebir olmasa da makine mühendisi Ahmet Naci Uğur tarafından çevrilerek dilimize kazandırılmıştır. Henüz basılmayan esere internetten ulaşılabilmektedir (Anon (b) ,2004).

3. MERMER İŞLEME TESİSLERİ VE KALİTE MALİYETLERİ

3.1 Mermerin Tanımı

Bilimsel anlamda mermer; kalker ve dolomitik kalkerlerin sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan bir metamorfik kayadır. Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit ile değişik metal oksitleri, silikat mineralleri bulunmaktadır. Mermer, saf kalsiyum karbonat bileşimde olduğu zaman beyaz ve yarı saydamdır. Genellikle sertliği Mohs cetveline göre 3 ve özgül ağırlığı 2,5 ile 3,5 gr/cm³ arasında değişmektedir.

Mermerin bu teknik tanımının yanı sıra, pazarda bu tanımlamaya uygun olmayan bir çok değişik tipte taşın da müşteri bulması üzerine bir de ticari tanımına ihtiyaç duyulmuştur. Ticari anlamda mermer; blok verebilen kesilip cilalandığında parlayabilen, dayanıklı ve güzel görünümlü her türden taşların (magmatik, sedimanter, metamorfik) bütünü için kullanılan bir terimdir.

3.2. Doğal Taşlarda Aranılan Temel Özellikler

Doğal yapı taşları ve mermerlerde genel olarak aranan özellikler şunlardır;

- Renk ve desen özelliği ve bu renk ve desenin homojenliği
- Blok verme özelliği
- Kesilebilme özelliği
- Cila kabul etme özelliği
- Jeomekanik ve fiziksel özellikleri
- Dış şartlara dayanım özellikleri

Doğal yapı taşlarının en önemli fiziksel özelliği renkleridir. Bu taşlar estetik amaçlarla kullanıldıkları için kullanım yerine bağlı olarak renklerinin çekici olması gerekmektedir. Dekoratif taşlar tek renkte olabildikleri gibi değişik renkler gösteren bantlar, damarlar, benekler halinde çeşitli desenlerde de olabilmektedirler. Bununla beraber renk ve desen yönünden homojenliğe sahip olmaları, bir yataktan alınan

blokların sürekli olarak yatağın her yerinde aynı desen ve renkte olması arzu edilir. Bunun nedeni ise büyük metrekarelerde döşeme yapılacak olan taşlardan elde edilecek olan fayansların aynı renk ve deseni tüm alan boyunca korumalarının istenmesidir.

Bir doğal yapı taşının ticari bir ürün olarak kullanılabilmesi için her şeyden önce kendisine ait renk ve deseni homojen bir şekilde koruyarak devam ettirdiği belli bir miktar rezerve sahip olması ve bu rezervin de blok verebilecek özelliklerde olması gerekmektedir. Rengini ve desenini kabul edilebilir bir orijinallikte sağlayan ve ortalama bir verimle blok alınmasına izin veren bir yatağın işletilebilir olması için fiziksel, jeolojik, kimyasal gibi özellikleri ön plana çıkmaktadır.

3.3. Mermer İşleme Tesisleri

Mermer işleme tesisleri, genel olarak hedefledikleri ürün yelpazesi, buna bağlı olarak sahip oldukları makina parkları kapasitelerine göre sınıflara ayrılabilirler. Mermer işleme tesisleri, ocaklarda üretilen büyük mermer bloklarının işlendiği fabrika düzeyinde işletmeler olabildiği gibi, ocaklarda yapılan sayalama işlemi sırasında arta kalan moloz-takoz diye tabir edilen ikincil ürün mermerlerin işlenip süs eşyası, hediyelik eşya vb. gibi ürünlerin imal edildiği küçük atölyeler de olabilirler. Büyük blokları işleyen fabrikalar ayrıca, ürün yelpazesi olarak levha ya da plaka üreten fabrikalar olarak ayrılabilirler gibi her iki tür makinaya da sahip (Katrak ve Blok Kesme Makinesi) karma ürün üreten fabrikalar da olabilirler. Çizelge 3.1’de farklı amaçlar için yapılan mermer üretim çalışmaları birlikte gösterilmiştir (Karaca, 1997).

Çizelge 3.1. Mermer İşleme Tesisleri

<u>MERMER İŞLEME TESİSLERİ</u>	
<u>FABRİKA</u>	<u>ATÖLYE</u>
• BLOK KESME MAKİNESİ	• HEYKELCİLİK
• KATRAK	• DEKORASYON
• ST	
• KARMA	• HEDİYELİK

3.3.1. Mermer Atölye İşletmeciliği

Mermer atölyeleri, küçük mermer bloklarını, fabrikalardan elde edilen plaka ve levhaları ve ocaklarda asıl üretimden arta kalan takoz ve molozları kullanarak fabrikalara göre görece düşük kapasiteli taş kesme makinaları ve tornaları ile mutfak bankoları, mezar taşları, hediyelik eşyalar, biblolar, satranç takımları gibi ürünler için işletilen kuruluşlardır. Mermer atölyeleri içerisinde büyük bir çoğunluğu oluşturan dekorasyon atölyeleri genellikle inşaat işleri ile uğraşırlar. Mutfaklar ve otel müşteri kabul masaları (resepsiyon), lokantalar gibi iş yerleri için banko, eşik, evye (lavabo), harpuşa (köşe), denizlik, rıht ve şömine ile yer döşemelerinin silim işlerini ve masa sandalye gibi özel imalatlar yaparlar. Torna makinesi olanlar ise sütun, trabzan ve havuz işlerini yapabilirler (Karaca, 1997).

3.3.2. Mermer Fabrika İşletmeciliği

Mermer ocaklarında üretilen mermer bloklarının kesilip boyutlandırıldığı, parlatılıp cilalandığı işletmeler, mermer fabrikalarıdır. Mermer işleme fabrikaları işletme amaçlarına göre sadece plaka üreten, sadece levha üreten ya da her ürünü üretebilen birleşik fabrikalar olarak ayrılırlar. Genel olarak birbirine benzer özellikler gösteren mermer fabrikalarında hemen her amaca uygun makine parkını birlikte kullanmak yönünde bir eğilim vardır (Karaca, 1997).

Doğal taş sektöründe desen ve renge olan talep yıldan yıla değişim gösteren göreceli bir talep parametresidir. Dekorasyon aracı olarak kullanıldıkları için doğal taşların desen ve renk talebine ilişkin gelecek tahmini yapmak güçtür. Bu nedenle uzun ömürlü bir üretim sürecini planlayarak mermer işleme tesisi kurulacak ise planların, o an için pazarda çok tutulan bir taş üzerinden yapılması doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Bu yıl pazarda çok tutulan bir taş, gelecek yıl hiç istenmeyebilir.

Bir önemli husus da doğal taşların bazı yan özellikleri nedeniyle talepteki dalgalanmalardır. Özellikle magmatik kökenli doğal taşlarda karşılaşılan yüksek radyasyon değerleri, bazı doğal taşlarda görülen yüksel ağır metal içeriği gibi bir takım

nedenlerden dolayı doğal taşların bazılarında olan talepte ani daralmalar olabilmektedir. Gelişmiş ülkeler toplum sağlığını korumak ve yapı malzemelerinin radyoaktivitelerini karşılaştırmak için ortak indeksler yayınlamaktadırlar; her ülkede çıkarılan doğal taşlar ile ilgili radyasyon değerlerini içeren listeler yayınlanmaktadır. Türkmen buna benzer bir listeyi yayınlamıştır (Türkmen, 2003).

Bu nedenlerden dolayı tüm uzun ömürlü planların bir taş üzerinden ya da bir ocak üzerinden değerlendirilmesi doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Bir mermer işleme tesisi kurulurken en az iki ayrı tedarikçi ocağın sorunsuz bir şekilde hammadde beslemesi yapacağından emin olmak gereklidir. Ayrıca işlenecek taşların hemen tüm analizleri yapılarak her geçen gün önemini artıran çevre ve sağlık koşullarına uygun olmayan bir özelliğinin olup olmadığı önceden kontrol edilmelidir. Bu özelliklerin yatağın derinlerine inildikçe nasıl değiştiği de ayrıca araştırılmalıdır.

Doğal taş sektöründe müşteri tatminini dolayısıyla kalitesini, satışını etkileyen en önemli unsurlardan birisi taşın albenisi yani renk, desen, doku gibi unsurları ve kullanılacak yere uygun fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olup olmamasıdır. Gerek renk, desen, doku gibi özellikler ve gerekse fiziksel, kimyasal özellikler, doğal taşların oluşum aşamalarından, orijinlerinden getirdikleri özelliklerdir. Bu nedenle de bu parametreler sonradan değiştirilemez özelliklerdir. Dolayısıyla bir doğal taşın pazarda istenilen şartlara sahip olup pazarlanabilmesi için oluşum sonrasında söz konusu özelliklere sahip olması gerekmektedir. Sayılan özelliklerin hemen hiç birisi üretim sürecinin bir aşamasına bu özelliklere sahip olmayan bir doğal taşta sonradan kazandırılmaz. Bu nedenle de mermer işleme tesislerinin işletilmesi sürecinde üretimi yapılacak taşın yani ocağın doğru seçilmesi çok önemli bir parametredir. Ocakları olan ve sorunsuz çalışan bir işletme de yukarıda sözü edilen pazardaki talep değişkenliği nedeniyle yeni ocak ve hammadde arayışlarını aralıksız sürdürmelidir.

Hammadde sağlayan ocak, mermer işleme tesisine ait olsun ya da olmasın, ocakta üretim aşamasında yapılan uygulamalar mermer işleme tesislerindeki üretim sürecini doğrudan etkiler. Doğal taşın yapısı gereği yataklanma biçimine bağlı olarak ocakta üretim sırasında aynaların yönleri, aynadan devrilen blokların kesim yönleri

doğrudan doğruya sonuçta üretimi yapılacak taşın renk, desen ve kesim parametrelerini etkileyecektir. Ayna açma yönü, blok devrilme yönü, devrilen blokların sayalanma (küçük bloklara bölünmesi) yönü doğrudan doğruya taşın renk ve desenini etkileyebilmektedir.

Tedarikçi ocağında basmak oluşturulması, basmalardan blok kesilmesi sırasında bu bloklardan elde edilecek ürünlerin nasıl bir renk ve desen yapısına sahip olabilecekleri, kesim hattında hangi yönde kesim yapılırsa daha az fire ile taş kesilebileceği değerlendirilmelidir. Doğal şartların zorlamaları ve başka parametrelerin değerlendirilmesi nedeniyle ocak şartlarında basamak yönleri ve blok kesim ayrıntıları hakkında fazla alternatif olmayacağı bilinmektedir. Ancak yine de iyi bir planlama ile en uygun renk ve desen yapısı ve en az fire ile kesim yönü seçeneklerini göz ardı etmemek de faydalı olacaktır.

Mermer işleme tesisindeki bu tercihi kolaylaştırmak için tedarikçi ocağında çalışan işgörenin bu tercih hakkında bilgisi olması gerekmektedir. Dolayısıyla mermer işleme tesisinde kalite, ocakta başlamaktadır. Ocağın, işleme tesisine ait olmadığı durumlarda yani hammaddenin tedarikçi-aracı işletmelerden karşılanması durumunda, ocaktan blok seçecek işgörenin bilgi ve becerisi önem kazanacaktır. Fabrikada işlenecek taşın özelliklerini, pazardaki müşterinin ne istediğini, fabrikadaki kesme ve cilalama hatlarının özelliklerini iyi bilen bir eleman, en doğru seçimi yaparak mermer kalitesi için hayati önemi olan hammaddenin özelliklerini doğru tespit edecektir.

Ülkemizde ocak işletmeciliği ile fabrika işletmeciliği birbirinden çok bağımsız unsurların gibi yürütüldüğü için bu değerlendirilmeler ne yazık ki yapılamamaktadır ve bu konuda ülkemizde büyük sorunlar vardır (Önenç, 2003). Ocakta çalışanların bir süre fabrikada çalışmaları; aynı şekilde fabrikada çalışanların bir süre ocakta mesai geçirmeleri birbirlerini daha iyi anlamalarına ve kalitenin artmasına neden olacaktır.

3.3.2.1. Blok Stok Sahaları

Tedarikçi ocağında üretilen taşlar bloklar halinde kamyonlara yüklenerek mermer işleme tesislerine getirilirler. Hemen her işleme tesisinin yanında bir blok stok sahası bulunur. Blok stok sahalaları mermer blokların işleme tesisine alınmak için bekletildikleri yerlerdir. Her ne kadar ülkemizde bu konuya gereği kadar önem verilmesede, blok stok sahalalarının organizasyonu önemli bir konudur. Önce işletilmesi planlanan bloklar öne, sonradan işletilecekler arkaya yerleştirilmelidir. Bazı doğal taşlar içerdikleri kil bantları ve gözenekleri nedeniyle açık havada uzun süre bekleyemezler. Sıcaklığın sıfırın altına düşmesi, gözeneklerdeki suyu dondurarak mikro çatlaklara neden olabileceği gibi; yağmur ile şişen kil dolgularının da dışarıya çıkarak taş yüzeyinde istenmeyen boşluklara ve zayıf zonlara neden olması ihtimali vardır. Bu nedenle eğer olanaklar elveriyorsa uzun süre beklemesi gereken bloklar daha korunaklı bir yerde tutulmalıdır. En iyi çözüm, iyi bir planlama ile blok stok sahasında uzun süre blok bırakmadan, alınan blokların işlenerek pazarlanmasını sağlamaktır. Bunun için ise ocakta blok üreten ya da başka firmanın ocağından blok seçip fabrikaya getiren personel ile pazarlama personeli arasında iyi bir uyum gereklidir. Büyük oranlarda alınan siparişler, ya da sürekli ürün alan bir müşterinin talep azaltması gibi durumlar, zaman geçirilmeden blok temini ile görevli elemanlara bildirilmelidir.

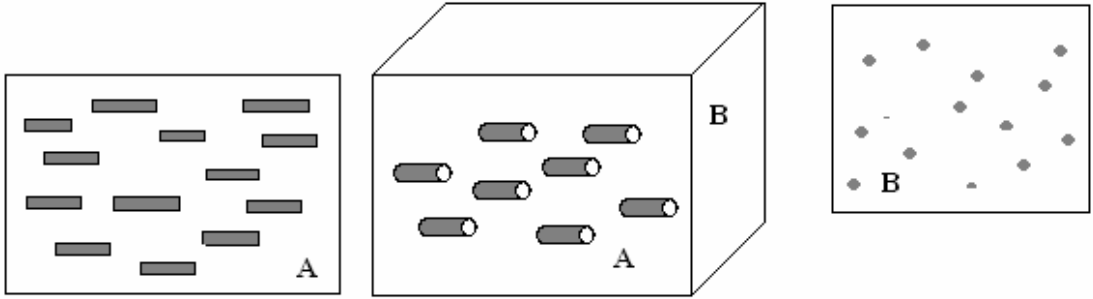
Blok stok sahalaları, işleme tesisine birkaç kapıdan birden bağlanırlar. Bunlardan bir bölümü katrik kesim hattına, bazıları da ST (diskli blok kesme makinesi) kesim hattına yönelen kapılardır. Blokların stok sahasına getirildikleri sırada hangi blok katrik hattında kesilecek, hangi blok ST hattına gönderilecek, aşağı yukarı planlanmalı ve bloklar en yakın kapılara yerleştirilerek kesim zamanı stok sahasında vinç ve işçözenler için zaman ve enerji kaybı en aza indirilmelidir. Blok stok sahalaları kaza tehlikesi yüksek yerlerdir, bu nedenle ağırlıkları tonlar ile ifade edilen blokların taşıma zaman ve mesafelerinin kısa tutulması, kaza tehlikesini de azaltacaktır.

Ayrıca blok stok sahalaları kontrol ederek işlenmeden kullanılamaz hale gelebilecek blok kalmamasına, bu yolla kayıpların oluşmamasına dikkat etilmelidir.

3.3.2.2. Kesime Hazırlık

Bir mermer bloğunun hangisi kesim hattında kesileceğinin kararı birkaç parametrenin birden düşünüldüğü bir süreçtir. Bloğun büyüklüğü, istenilen ürün türü, üretimin istenilen hızı gibi bir çok parametre kesim hattı seçimini etkilemektedir. Kesim hatları katrik ve ST hatları olarak ayrılırlar.

Ayrıca kesim yönü de sonuçta elde edilecek ürünün desen ve renk durumunu etkileyen bir parametredir. Bu duruma bir örnek vermek gerekirse; yapısında silindiri andıran şekilli, koyu renkli fosil ya da mineral yapılarından oluşan ana dokusu açık renkli bir blok mermerin kesim yönü tercihinde (Şekil 3.3), şekilde gösterilen B yüzeyinden ürün elde etmek için silindirik yapılara dik kesim yapılırsa sonuçta açık renkli, dairesel kesitli yapılar içeren mermer ürünleri elde edilir. Oysa A yüzünden üretim yapılırsa koyu silindirik yapıların kesit alanları artacağı için daha koyu renkli, uzunlamasına yapılar içeren ürünler elde edilir.



Şekil 3.3. Blok Kesim Yönünün Ürün Desen ve Rengine Yansıması

Blokların hangi kesim hattında ve hangi yönde kesileceklerine karar verildikten sonra bloklar stok sahasındaki vinçler yardımı ile blok kesme makinesi veya katrik arabalarına yüklenirler. Bu arabalar raylar üzerinde gidip gelen, her tarafı açık, metalden yapılmış, insan gücü ile ilerleyen blok taşıyan araçlardır. Bu araçlar üzerine yerleştirilen bloklar blok kesme makinesi veya katrikta kesilene kadar orada kalırlar. Tüm kesim hareketlerine bu araçlar üzerinde maruz kalacakları için sağlıklı bir kesim amacıyla bloklar bu araçlar üzerinde sabitleştirilir. Bloğu sabitlemek için alçı ve saman karışımı

ile blok altları ve kenarları doldurulur. Ayrıca hareketi önlemek için kamalar ve küçük ağaç parçaları ile boşlukları alınır.

Sabitleme işleminin ardından bloklar blok arabası üzerinde katarak ya da blok kesme makinasına doğru taşınırlar.

3.3.2.3. Katarak

Katraklar, mermer bloklarının levhalar şeklinde, blok boyutlarına bağlı olarak büyük en ve boy uzunluklarına sahip olarak kesildiği makinalardır. Büyük bir tahrik motoru, motorun çevirdiği büyük bir kasnak, kasnağın bağlı olduğu kollar ile ileri geri hareket eden lamalar ve bu lamalara yerleştirilmiş elmas soketlerden oluşmaktadırlar. Bu ileri geri hareket ile mermer blok yukarıdan aşağıya doğru dilimler halinde kesilmektedirler. Katraklar işleyişleri bakımından kumlu katraklar ve elmas lamalı katraklar olmak üzere iki gruba ayrılırlar ancak son yıllarda kumlu katrakların kullanılması çok yaygın olmadığı için sadece elmas soketli katraklardan bahsedilecektir (Karaca, 1997). Çalışmaların yapıldığı tüm işletmelerde elmas lamalı katrakların kullanıldığı görülmüştür.

Elmas soketli lamaların kullanıldığı katraklarda lamalar 1-3 mm arasındaki çelik gövde üzerine ortalama 33 adet elmas soketin kaynaklanması ile oluşur ve kesim sırasında sürtünmeden doğan sıcaklığı ve taş kırıntılarını ortamdan uzaklaştırmak için lamalar üzerine duşlama ile su verilir. Su kesintisi, elektrik kesintisi ve kamalama gibi zorunlu duraklamaların dışında, katarak kesimlerine ara verilmemelidir, verilen aralar katarak kesim performansını olumsuz etkilemektedir. Son yıllarda geliştirilen katraklarda kesim hızı, otomatik olarak yapılmaktadır.

Katarak ve diğer tüm mermer işleme makinaları artık ülkemizde de imal edilmektedir. Katarak üzerinde bir adet büyük elektrik motoru bulunur. Bu motor bağlı olduğu kasnağı döndürür ve eksantrik bağlantı ile kasnak lamaların bağlı olduğu kola yatay düzlemde ileri-geri hareketini verir. Kolun diğer ucunda büyük bir kasa şeklinde mermer bloğunun yerleştirildiği bölümün hemen üzerinde mermer bloğu üzerinde

bekleyen lamalar bulunur. Lamaların sayısı 80 ya da 100 olabilir. Her lama üzerinde elmas soketler bulunur. Lamalar bir yandan ileri geri harekete devam ederken bir yandan da hidrolik sistem sayesinde aşağıya doğru bloğa doğru inmeye başlarlar. Bazı katarak türlerinde lamalar aşağıya doğru inmezken, mermer bloğu lamalara doğru yükselmektedirler.

Mermer bloğundan elde edilmek istenen levhaların kalınlıklarına göre 2 ya da 3 cm aralıklarla yerleştirilen lamaların ve üzerlerindeki sayısız (32 ya da 33 x 80 ya da 100) elmas soketin belli bir hız ve baskı ile mermer bloğunu kesmeye başlaması büyük bir sürtünme doğurmaktadır. Bu nedenle kataraklar çok fazla su tüketirler. Su hem soğutmaya hem de kesilen taş parçaları ve elmas parçacıklarının kesilme yüzeyinden taşınmalarına yardımcı olur.

Katarak lamalarının mermer bloğunu bir pasta gibi keserek aşağıya doğru hareket etmesi sonucunda 1 metre ilerlemesine “bir metretül” ilerleme adı verilir. Katarak lamaları ortalama olarak 250 metretül üretim miktarını kesebilirler. 250 metretül üretimden sonra lamaların değiştirilmeleri gerekmektedir. Lamalar üzerindeki elmasların yenilendiği, sarı kaynak adı verilen lehim kaynağı ile güçlendirildikleri uygulamalar olmakla birlikte işletme ortamında kaynatılan elmas soketlerin yerinden çıkarak bloğa daha büyük zarar vermesi olasılığı her zaman vardır. Bu nedenle bu uygulama bazı sakıncaları da beraberinde getirmektedir.

Katarak ile doğal taş kesme işlemi sırasında kaliteyi etkileyen bir takım parametreler mevcuttur; öncelikle kesme hızı, kesici elmas soketlerin aralıkları, soket yapıları, su miktarı ve basıncı, blok boyutu, kalifiye işgören ve bakım periyodu bu parametreler arasında sayılabilir. Ayrıca katarak ile kesme hızının optimum düzeyde tutulması gerekir. Günümüzde kullanılan kataraklarda devir sayısı (strok sayısı) en az 90 devir/dakika olmalıdır. Bu tip makinalarda lama ötelemesi (strok boyu) en az 50 cm. olmaktadır. Taşa giriş ve çıkışlarda hız ve yükün azaltılması gereklidir. Soketler kendilerine bir yol açtıktan sonra işlem hızlandırılır. Çıkışta hız azaltmanın nedeni ise bloktan çıkışta aşağıda basınçtan dolayı çatlama ve kırılmalara meydan vermemek

içindir. Yapılan çalışmalarda strok sayısının 102 olması durumunda en yüksek kesme verimine erişildiği gözlenmiştir (Demirocak, 2003).

Katruk makinası en az bir işgören, çok miktarda su tüketimi, büyük kurulu güce sahip elektrik motoru, baskı unsurları lamaları ve çıkardığı büyük gürültü ile mermer işleme tesislerinin en dikkat çekici makinalarındandır.

3.3.2.4. Blok Kesme Makineleri

Mermer işleme tesislerinde en yaygın kullanılan blok kesme makinaları ST'lerdir. Genellikle katruk ile kesilemeyecek kadar küçük olan blokların kesilmeleri için kullanılmaktadırlar (Türkmen, 2003). Blokları dilimler halinde keserler. Bu makinalar lisanslı olarak ilk üretimi bir Fransız firması olan ST tarafından yapıldığı için bu isimle anılmaktadır (Karaca, 1997).

Mermer bloklar, fabrika blok stok sahasında vagonlar üzerine alınıp alçı ve saman karışımı ile sabitlendikten sonra ST makinasının altına yerleştirilirler. Testere çapı, makina karakteristiklerine bağlı olmak ve ekonomik sınırlar içerisinde kalmak şartıyla en fazla 65 cm eninde mermer dilimleri kesebilirler. Daha büyük boyutlu kesimler için katruklar daha ekonomiktir (Karaca, 1997). Plakaların alt kenar kesimleri yatay küçük testere ile yapılır.

ST'ler genelde 30 cm eninde plakalar kesmek için çalıştırılırlar. Boy standardı olmayan bu plakalar pazarda "*Otuza serbest boy*" olarak bilinirler. Ayrıca mutfak bankoları için de yine ST'lerden yararlanılmaktadır. Plakalar genellikle 1 cm, 1,5 cm, 2 cm ve 3 cm kalınlıkta üretilirler. 1'lik ve 3'lük plakalar fayans imalatında kullanılırken şömine ve mezar taşı gibi özel uygulamalar için daha büyük kalınlıklarda üretim de yapılabilmektedir.

ST makinalarında bir adet büyük çaplı testere ve bir adet küçük çaplı testere olmak üzere toplam iki adet testere bulunur. Bu testereleden büyük olanı dikey kesim yaparak plakaları kalınlıklarına uygun olarak keserken yatay çalışan küçük testere ise

plakaların altlarını keserek bloktan ayırır. Kesim sırasında büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyan ST lerde en az bir işgören çalışmaktadır. Ayakların ve testerenin bulunduğu kolun hareketi için çalışan motorları da dahil edince bir ST de dörtten fazla elektrik motoru bulunmaktadır. Bunlardan en büyüğü dikey kesim yapan testerenin motorudur. ST'ler otuza serbest boy ham plaka (strip) üretimin yoğun yapıldığı ülkemiz için en önemli taş kesme makinalarının başında gelmektedirler.

Ürün kalitesini doğrudan etkileyen özellikleri ise; testere türü, çap ve et kalınlığı, uygun soket seçimi ve soket sayısı, kesim hızı, testere randımanı, testere ömrü gibi parametrelerdir. Kesilecek malzeme türüne göre uygun testere ve soket seçimi en önemli parametredir (Demirocak, 2003). Ayrıca disk çapı, motor gücü, devir sayısı da önemli parametrelerdir.

ST'ler ile çalışılırken kullanılacak en az su miktarı tespit edilmelidir. Suyun bol olması gerekmektedir ancak su temiz ve duru olmalıdır. Kesilecek malzemenin cinsine ve sertliğine göre uygun olarak kullanılacak bir ST testeresinde bulunması gereken en uygun soket adedi de önemli bir parametredir. Testerede toplam soket adedi arttığında, kesim sürecinde gerekli enerji miktarında da bir artışa ihtiyaç duyulmaktadır. ST'lerde kesim işleminde diğer önemli bir faktör de kesim hızıdır. Hızın yüksek olduğu durumlarda, soketler üzerinde bulunan elmas taneciklerin bir kısmının henüz yeterli kesim işini yapamadan bağlantı yerinden koptuğu ve testerenin çabuk tükenmesine neden olduğu bilinmektedir. Düşük hızlarda ise elmasın kesme olayını gerçekleştirebileceği çarpma sürati düşeceğinden uyumsuz bir çalışma ortamı oluşmakta ve testerenin körelmesine neden olmaktadır (Demirocak, 2003).

3.3.2.5. Baş Kesme

ST den çıkan ürünlerin blok geometrisinden gelen baş kısım bozuklukları kesilip düzeltildiği için adı kafa kesme ya da baş kesme olarak bilinen bir makinadır. Kesim işlerini genelde üzerlerinde bulunan dairesel testere ile yaparlar. Testerenin bulunduğu mekanizma öne doğru gelerek kesimi gerçekleştirdikten sonra bıçak geriye ilk konumuna gider. Fabrikalar için en basit çalışma sistemine sahip makinadır.

Makinaya besleme hızı iyi ayarlanmalıdır. Bu hızın belirlenmesinde işlenen mermerin fiziko-mekanik özellikleri, kullanılan testerenin soket durumu etkili olmaktadır. Hızın fazla olması durumunda yüzeyi bozulmuş ürünler elde edilebileceği gibi soketlere ve testere balanslarına da zarar verilebilmektedir. ST de kesilen plakaların kenarları blok geometrisine bağlı olarak gönyelenmemiş, düzensiz şekilli olabilmektedir.

Üzerinde, operatörün plakaların boylarını kolayca ayarlayabileceği düzenekleri bulunan başkesme makinaları ile kenarları düzeltilen plakalar ham plaka (strip) olarak başkesme makinasından çıkarlar. Başkesme makinaları da diğer kesme makinaları gibi elektrik, su, sarf malzemesi ve işgören giderleri ile çalışma işlemini sürdürürler.

3.3.2.6. Yarma Makinası

Yarma makinası, genellikle ST ile birlikte, ST den sonra ve fayans hattından hemen önce kullanılan bir makinadır. ST den belli bir kalınlıkta çıkan plakaların, ortadan ikiye bölünerek daha ince bir kalınlığa sahip olmalarını sağlayan bir makinadır. 2,9-3,1 cm kalınlığındaki plakaları ortadan yarak 1,1 cm kalınlığında iki parça haline getirdikleri için ortalama %40 lık bir üretim artışı da sağlarlar (Karaca, 1997).

Yarmalar, testere sayısına ve plakanın verilme şekline göre adlandırılırlar. Testere sayısı standart olarak 2 HP, 4 HP, 6 HP gücündeki motorlar tarafından kontrol edilir. Makina tipine göre dikey veya yatay besleme yapılabilir. Dikey tipleri daha düzgün ürünler verirler ancak sadece bu makinaya bağlı olarak çalışacak bir işgörene gerek duyarlar. Bu nedenle yatay makinaların hassaslık özellikleri artırılarak kullanılmaları daha yaygınlaşmıştır.

3.3.2.7. Köprü Kesme Makinası

Katraktan çıkan levhaların boyutlanması veya geniş bant cilaya girmeden önce kenarlarının düzeltilmesi için kullanılan makinalardır. Köprü kesme makinaları, iki perde betondan oluşan duvarlar üzerinde bulunan raylarda, sağa-sola hareketli bir kolon

ve bu kolon üzerinde ileri-geri hareket edebilen bir kesici gövdeden oluşur. Kesici olarak 300-600 mm arası dairesel testereleler kullanılıyorsa da uygun boyut 450 mm dir. Mermer levhalar perde duvarlar arasında bulunan tabla üzerine yatırıldıktan sonra istenilen ölçülerde kesilir.

Bıçak hareketli köprü kesme makinalarında kesici gövde, hidrolik sistemle aşağı yukarı hareket tabla seviyesi değişmez. Tabla hareketlilerde ise benzer bir hidrolik sistemle tablaya hareket verilir. Bu tiplerde bıçak seviyesi sabittir. Tablalar kendi etrafında 360° hareket edebilir. Bazı tablalar, vinçten levha alımını kolaylaştırmak için dikey konuma gelebilmektedirler. Son yıllarda geliştirilen köprü kesme makinaları, bilgisayar kontrollü olup kesim boyutlarının yüklenmesi ile kesim işlemi otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir.

Köprü kesmelerde kesme işlemi, ST'lerde olduğu gibi tek yönlü olmayıp makinanın geri hareketinde de kesim yapılabilmektedir. Burada önemli olan, kesim yapılacak toplam mermer kalınlığının 10 cm yi aşmamasıdır. Bu nedenle köprülü kesimlerde en fazla levha kalınlıkları ve adetleri ikilik dört tane ve üç'lük üç tane olabilir. Daha fazla sayıdaki levha kesimlerinde makina aşırı yüklenecektir. Son yıllarda devir hızını yükselterek bu sınırlamayı aşan köprü kesme makinaları da üretilmektedir.

3.3.2.8. Geniş Bant Cila (Levha Cila)

Köprü kesme makinalarında kenarları düzeltilen levhalar, cila işlemi için geniş bant cila makinasına gelirler. Geniş bant cila makinaları sistem olarak fayans hattında yer alan dar silim (polisaj) makinası ile benzerlik gösterir. İki makina arasındaki en önemli fark, genellikle bu tip makinalarda 60 cm ve yukarı genişlikte ürünlerin cilalanmasıdır. Bant genişlikleri 80 cm-200 cm arasında değişiyorsa da ideal genişlik 200 cm dir.

Dar silim makinasının bünyesinde veya öncesinde yer alan kalibratörler, levha hattında bulunmaz. Kalibre görevi bu makinalarda ilk üniteye verilmiştir. İlk başlığa elmas soketli diskler, veya genellikle 80 numaradan küçük aşındırıcılar takılmaktadır.

Geniş bant cilada kalibre için, aşındırıcıların kullanılması daha iyi sonuç vermektedir. Dar silim makinasında aşındırıcıların yerleştirildiği diskler sabit olup bastıkları yüzeyi aynı seviyede aşındırmaktadırlar. Geniş bant cila makinalarında ise katraktan çıkan levhaların yüzeylerinde söz konusu olan seviye farklılıkları için disklere hidrolik baskı verilmiştir. Bunun sonucunda disklerin sahip olduğu esneklik kabiliyeti ile levha yüzey seviyelerine uygun şekilde aşındırma sağlanmaktadır.

Mermer levhaların üzerinde aşındırıcıların özellikle son başlıklarda bulunan cila taşlarının aşınması ve mermeri aşındırması sonucunda oluşan ince taneleri uzaklaştırmak için, son kafaya keçe aşındırıcıları takılmaktadır (Karaca, 1997).

Geniş bant cila makinası elektrik, su ,sarf ve işgören gideri ile mermer işleme tesislerinde önemli bir yer tutmaktadır.

3.3.2.9. Fayans Hattı

Fayans hatları adından da anlaşılacağı gibi tek bir makina olmayıp bir çok makinanın ve işlemin birleştirilerek uygulandığı bir hattır. Kalibre, cila, yan kırma, pah, kanal açma, trimming (bir çeşit eskitme), çoklu kesme, kurutma gibi bir çok işlem fayans hattı adı verilen hattın içerisinde yer alır. Bu aşamalardan aşağıdaki paragraflarda kısaca bahsedilecektir;

Katrak ve ST makinalarından çıkan levha ve plakalarda, kesme hızındaki ayarsızlıklar, baskı miktarındaki fazlalıklar, taş özelliklerine uygun olmayan kesici malzeme seçilmesi gibi bir takım olumsuzlukların sonucunda kimi zaman testere izleri ve ürünler arası kalınlık farklılıkları söz konusudur. Bu istenmeyen durum, cilalama işlemi sırasında kullanılan aşındırıcı tüketimini artırmakta, aşındırıcıların ve mermerin parçalanmasına, bu parçaların aralara girerek cila kalitesini düşürmesine neden olmaktadır.

Tüm bu olumsuzlukları önlemek için cila işlemi öncesinde mermer levha ve plakalarının kalınlıklarının homojen hale getirmek için kalibrasyon işlemi

uygulanmaktadır. Kalibre işleminde dairesel bir çelik gövde etrafına monte edilmiş elmas soketler veya 80 meş tane boyutlu küçük aşındırıcılar ile gerçekleştirilmektedir. Aşındırıcı tane boyutu yerine uygulama numaralar ile birim alana düşen aşındırıcı miktarı ile adlandırılmaktadır.

Kalibrasyon işleminde bir uygulamada silinecek kalınlık miktarı 1,5 mm'yi geçmemelidir. Ayrıca alınacak kalınlık ile mermerlerin üzerinde bulunduğu banda verilecek hız da iyi ayarlanmalıdır. Pratikte bunun kontrolü diğer işleme makinalarında olduğu gibi makinanın çektiği amper miktarını gösteren ampermetreden yapılır. Makina çalışırken amper çekme miktarı arttığında bant hızı düşürülmelidir. Makinaya binen yük devam ederse bir seferde alınan kalınlık miktarı düşürülür ve işlem iki adımda gerçekleştirilmelidir.

Cila işleminde ST veya katraktan çıkan ve kalibreden geçen mermerin üzerindeki pürüzlülükler yapılabilecek en alt seviyeye indirilerek mermere pürüzsüz ve dolayısıyla parlak bir görünüm kazandırılır. Bu işlem, mermer üzerinde sırası ile dönen aşındırıcı kafalar ile gerçekleştirilir. Aşındırma yapıldıkça ve aşındırıcı meş numarası büyüdükçe mermerin gerçek rengi ve üzerinde jeolojisinden kaynaklanan dokusu, desenler, fosilleri vb. ortaya çıkar.

Cila işleminin uygulandığı makinalar genelde birbirinden bağımsız güç ünitelerinden oluşurlar ve bu ünitelerin hemen önünde sayıları genelde üç olan kalibre üniteleri bulunur. Cila ünitelerinin sayıları 5-12 arasında ve genelde 10-12 olduğu için kalibrasyon ve cila sistemi bir bütün olarak (3+10) veya (3+12) gibi adlandırılırlar. Buradaki 3, kalibre ünitesi sayısını, 12 ise cila ünitesi sayısını ifade etmektedir. Ünite sayısı arttıkça kapasite, kalite ve üretim hızı artar. Cilalama işleminde ürünler arasındaki ölçü uyumunun önemi büyüktür. Beslenen mermerler arasındaki kalınlık farkları, aşındırıcıların kırılmalarına ve bu kırıklarda ürünler üzerinde çiziklere neden olacaktır (Karaca, 1997).

İşlenen mermerin fiziko-mekanik ve jeolojik özellikleri dikkate alınarak belirlenen ve bant hızına bağlı olarak yapılan ürün beslemelerinde, aynı tür ve benzer

yapıdaki ürünlerin art arda beslenmesi önemlidir. Farklı özelliklere sahip mermerlerin peşi sıra beslenmesi cila kalitesini düşürmektedir. Bununla birlikte mermerin sahip olduğu özellikler, aşındırıcı serilerinin düzenlenmesinde ve başlıklara verilecek baskı ile su miktarı ve basınçlarının belirlenmesinde önemlidir.

Mermerlerin cila işleminin ardından son ürün haline gelebilmeleri için yapılması gereken adımlardan bir diğeri de fayans boylarına hassas bir şekilde kesilmeleridir. Hareketli bir gövde üzerinde birbirinden bağımsız çok sayıda güç ünitesine bağlı çalışan dairesel testerelelerden oluşan bu sistem başkesme makinasına benzer bir şekilde öne doğru çıkarak mermerleri bir seferde bir çok noktadan olmak üzere kesmektedir.

Başkesmeden farklı olarak bu makina sağa ve sola doğru da hareket edebilen bir kayıcı sisteme sahiptir. Bu hareket sayesinde testerele arasında istenilen ölçüyü vermeyi sağlayıp seri üretime katkı sağlamaktadır. Testere kesme hızı soketlerin durumuna, kesilecek mermerlerin özelliklerine ve makinanın kendi özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Özellikle iri kristalli, breşik ve gözenekli mermerlerin işlenmesinde kesim hızının iyi ayarlanması gerekmektedir.

Mermer fayanslarına ait kenar ölçülerinin standartlara uygun olarak hassas bir şekilde verildiği makinalar yan kalibrelerdir. Mermerlerin kullanım yerlerine göre dış kenarlarının genelde keskin köşelerden oluşması istenmez, bu nedenle kenarların yumuşatılması, keskinliğinin giderilmesi işlemine pah çekme denir. Ayrıca iki tarafı gönyelenmiş fayans, bant üzerinde hareket ederek bu kenarlarına pahları açılır. Bu hareket sırasında altta bulunan dairesel testereleler yardımı ile isteğe bağlı olarak, duvara fayans arasında kalacak montaj malzemesini daha iyi kavraması için bir veya iki kanal açılır. Farklı işlevleri olan bu üç ayrı bölüm (yan kalibre, kenar pah ve kanal açma) genellikle bir makina olarak imal edilmektedir. Kalibre ve pahda kullanılan yontucu malzemeler, elmaslı veya sentetik olabilmektedir. Sentetik malzemeler pahalı ve daha kısa ömürlü olmasına rağmen iri kristalli, breşik ve gözenekli mermerlerin işlenmesinde daha iyi sonuç vermektedir.

Katnak veya ST den çıkıp boyutlandırılıp, kalibre ciladan çıktıktan sonra çoklu ebatlama ve kalibre ve pahtan da geçen ürünler artık fayans olarak adlandırılırlar. Bu aşamadan sonra tüm bu üretim süreci sırasında fayansların üzerine biriken toz, çamur ve cila artıklarının temizlenmesi gerekmektedir. Temizlenmezler ise ambalajlama sırasında ve sonrasında nakliyede çizikler olmaktadır. Bunun yanı sıra gözenekli mermerlerin dolgu öncesi boşluklarının temizlenmesi önemli bir adımdır. Bu yapılmazsa dolgunun ömrü kısa olacaktır.

Bu nedenlerden dolayı mermerlerin temizlenmeleri ve ardında da kurutulmaları gerekmektedir. Temizleme ve kurutma işlemi, sıcak hava veren fanlara yapılır. En az bir motor tarafından kontrol edilen fan, sahip olduğu ısı ve oluşturduğu sıcak havayı üflemesiyle fayans yüzeyini temizler ve kurutur. Bu grupta ideal ünite sayısı tr. Üç ayrı noktadan salyangoz ıkışları ile verilen sıcak hava, hareket halindeki bant üzerinde bulunan fayansı, seçim öncesinde kullanıma hazır hale getirir.

3.3.2.10. Reçineli Dolgu (Epoksi)

Epoksi reçineler, epoksit (oksijen atomuyla eter halkasının kapanması) işlevlerini taşıyan makro moleküllerden oluşan reçinelerdir (Acar, 2003). Uçlarında epoksit işlevi taşıyan makro moleküller, uygun şartlarda krlendiklerinde çapraz bağlanmış, yüksek dayanımlı ve yapışma yeteneği güçlü dev molekül zincirleri oluştururlar. Bu zellikleri, epoksi reçineleri özellikle güçlendirme ve çatlak tamirinde avantajlı duruma getirmektedir. Burada amaç, mikro gözenekleri doldurarak, yüzeyi pürüzsüz bir hale getirmek ve cila sonrası parlaklığı artırmaktır. Su geçirgenliği yüksek, kireçtaşı gibi bazı taşlara da cila ncesi Reçineli Dolgu uygulayarak geçirgenliği azaltma ve parlaklığı artırma uygulamaları vardır.

3.3.2.11. Çimento Dolgu

Bilindiği gibi doğal taşlar içerisinde son zamanlarda en çok talep edilen taşların başında travertenler gelmektedir. Özellikle ABD pazarında talep sürekli artmaktadır. Çimento, travertenin gözeneklerini doldurmak için yoğun olarak kullanılan bir dolgu

malzemesidir. Birçok firmada tecrübeye bağlı olarak karışımlar hazırlanarak dolgu yapılmaktadır. Karışımda uygun miktarda beyaz çimento, kalsit, kaolin, yeterli miktarda oksit ve ufalanmayı azaltmak, cila kalitesini artırmak ve donma süresini kısaltmak üzere bağlayıcı bir tutkal, bulunmaktadır. Çimento dolgulu taşın, cila hattına verilebilmesi için harcın özelliklerine ve hava koşullarına göre 3-8 gün kürlenmesi gerekmektedir. Kürlenme odaları ve bazı hızlandırıcılar ile bu süre 32 saate kadar inmektedir (Acar, 2003).

3.3.2.12. Mum Dolgu

Çok çeşitli renklere sahip veya koyu renkli dekoratif mermerlerin işlenmesinde bu makineye ihtiyaç duyulmaktadır. Fayans hatlarında çok fazla bulunmazlar. Özel mekanların iç duvar kaplamalarında kullanılan dekoratif mermerlerin daha parlak görünmelerine ve belirsiz renklerin daha net ortaya çıkmalarına yardımcı olurlar.

Bu tip makinalar en az bir, ideal olarak her biri bir motor tarafından kontrol edilen üç tane 60 cm çap ve 10 cm kalınlığa sahip döner sünger başlıklar ile sentetik reçinenin depolandığı bir tüpten oluşmaktadır. Tüpten ilk süngerin önüne 0,5 mm lik iğne ucundan bir damlalık reçine, bir tane fayans için yeterli olmaktadır. Süngerlerin dönüşü ve verilen pnömatik veya hidrolik baskılarla reçine tüm fayans yüzeyine dağılır ve mumlanır. Mumlamanın kalitesi açısından fayansların ve kullanılan süngerlerin kuru ve temiz olmasının yanı sıra banda uygun hızın verilmesinin önemi büyüktür.

Mum dolgunun makina tarafından yapılmadığı işletmelerde işgücü ile mum dolgu yapılabilmektedir. Bu durumda mumlar, LPG tüpleri ile ısıtılan çekiç uçları ile tezgah üstündeki taşların gözeneklerine eritilerek sıvanırlar.

3.3.2.13. Seçim Masası (Seleksiyon)

Seçim masaları fayans hatlarının en sonuna konumlanan, fayans hattından son ürün olarak çıkan mermerlerin, paketlenmeden hemen önce müşterinin taleplerine

uygunluğunu son kez gözlemlenince inceleyen ve uygun olmayanlar ile uygun olanların ayrıldığı son işlem adımıdır.

Bir seçim ünitesinde bulunması gereken bir takım teknik özellikler vardır. Bu teknik özelliklerin başında masaya verilecek ışığın, fayans yüzeylerini gölgesiz ve yeterli şiddette aydınlatması gelmektedir. İkinci önemli özellik ise masa yüzeyine verilecek yaklaşık 30°'lik görüş açısıdır. Açı ile beraber yeterli ışık kaynağı, uzmanın çalışma kabiliyetini artırmakta; fayans yüzeyindeki detayların ve var olan hataların daha iyi gözlemlenmesini sağlamaktadır.

Yeterli açı ve boyutlara sahip gerçek seleksiyon masalarında, masada yer alan anahtar ve rulo taban düzeneği ile hattan gelen fayansların masaya girişli ve masadaki ilerleyişleri otomatik olarak sağlanmaktadır. Bu tür masalarda kontrol ve seçme için en az iki kişi çalışmalıdır. Bu işgörenden bir tanesi renk ayırımı ve fayansın kalite kontrolünü yaparken diğeri, biriken fayansların kutulara, hatalı olanların ise farklı paletlere konulması ile ilgilenir. Her iki işgören de birbirinin işini yapabilecek yeterlilikte olmalıdır. İşgörenler iki veya üç saatte bir yer değiştirmelidirler. Aksi halde sürekli seçimde çalışan işgören renkleri ayırt etmede güçlük çekmeye başlar. Seçim işlemini yapan işgören, ithalat, standart (yurt içi), pah hatalı, ilim hatalı, çatlak ve kırık, köşesi kırık ve renk sorunlu olmak üzere yedi çeşit ürün seçer.

Bütün bu ayrımlar, seçim masasını üzerinde yapılır. Seçim masası en az 1,5 m. eninde ve 2 m. boyunda olmalı, fayansların geldiği bölüm kolay tutulabilmeleri için ızgaralı yapılmalıdır. Fayansların yerleştirildiği bölüm yumuşak halı benzeri bir kaplama ile kaplanmalıdır, aksi takdirde masaya temas eden fayanslarda kenar kırılmaları olabilmektedir. Seçim masasının üzerinde en az iki adet sürekli yanan lamba bulunmalıdır. Aydınlatma gün ışığına yakın bir ışıktan seçilmelidir. Seçim masası önüne yerleştirilen panoya o anda seçimi yapılan taşın ait temel renklerin uzman kişiler tarafından seçilerek yerleştirilmeli, seçim yapan işgörenin çalışması sırasında bu örnek taşlara karşıdan bakılması sağlanmalıdır. Uygulamada pek yapılmaz da her kesilen blok ile birlikte bu örnekler değiştirilmeli ve yeni örnekler yerleştirilmelidir. Seçim masasından çıkan ürünler özelliklerine göre paketlere ya da paletlere yerleştirilirler.

Özellikle yurtdışına giden ürünlerde paketler rasgele örnek alma yöntemleri ile son kez kontrol edilmeli her pakette aynı renk ürünler olduğuna dikkat edilmelidir (Onargan, Köse ve Deliormanlı, 2005).

3.3.2.14. Ambalaj

Ambalaj ünitesi, bir çok iş kolunda olduğu gibi mermer işleme tesisleri için de dışarıya açılan pencere olması açısından son derece önemlidir. Üretim süreci boyunca ne kadar özen gösterilirse gösterilsin ambalaj yöntem ve kalitesi, ürünün müşteriye sağlıklı koşullarda ulaşıp ulaşmadığını belirlemektedir. Ayrıca müşterinin ürünü ilk gördüğü an çok önemlidir ve iyi bir ambalaj her zaman iyi etki bırakacak, içinden çıkacak ürün için oluşması muhtemel önyargıyı ortadan kaldıracaktır.

Bu konuda yaşanan bir olay oldukça dikkat çekicidir; bir firma, üretim süreci boyunca özen gösterdiği 30'luk plaka ürünlerinden sürekli şikayetler almakta ve iadeler ile karşılaşmaktadır. Her yolu denemelerine rağmen bir sonuç alınamayınca yetkili eleman, nakliye araçlarından birisi ile beraber malın yükleneceği limana kadar gider, araştırma yapar ve sonuçta liman görevlilerinin yaptığı ilginç uygulama ile karşılaşır; liman elemanları, ambalajından hafifçe dışarı taşan plakaları, ambalaj içinde kalsın ve konteynere iyi yerleşsin diye çekiçle kenarlarını kırmaktadır!. Nasılsa taşır, yaklaşımı ile yapılan bu uygulama nedeniyle üretim sürecindeki tüm özen ve dikkat heba olmaktadır.

Satış sözleşmesinde malın teslim yeri olarak fabrikada teslim (ex-factory), liman teslim (FOB) veya alıcının bulunduğu liman teslim (C&F, CIF) yazılsa da, müşteri memnuniyetinin esas olduğu dünyamızda ürettiği mamulün müşterisinin eline hasarsız ulaşması üretici açısından ticari geleceğine yapacağı en önemli yatırımdır. Bu hedef doğrultusunda firmalar ürettikleri mamulleri uluslararası standartlardaki en uygun ambalaj şekilleri ve tipleri ile ambalajlamak ve müşterisine sunmak zorundadırlar. Ambalaj tiplerinin çeşitli olmasına rağmen ambalajda ortak özellikler aynıdır, iyi tasarlanmış ambalajın özellikleri şu şekilde sıralanabilir (Göknur, 2003);

- ✓ İçindeki ürünü koruma ve saklama
- ✓ Stoklama kolaylığı
- ✓ Nakledilecek araca göre uygun ölçümlendirme (Nakliyede en az maliyet)
- ✓ Uygun işaretleme (Bilgi verme)
- ✓ Yükleme-boşaltma, doldurma, kapatma, istifleme, açma ve tekrar kapatma kolaylığı (nakliye süreci boyunca açma zorunluluğu karşılaşılan bir durumdur ve açılan bir ambalaj, uzmanı olmayan kişiler tarafından yeniden kapatılabilecek kadar basit olmalıdır)
- ✓ Ambalajın üretim kalitesi
- ✓ Malzeme ekonomisi, maliyet
- ✓ Çevre koruma (Geri dönüşüm)
- ✓ Ülke şartlarına uygunluk

Üretim süreci ve müşteri talebine göre mermer, fayans, ebatlı mamul ve levha olarak 3 sınıfta toplanabilir. Her mamul sınıfının kendi içerisinde kalite gruplarına da ayrıldığı düşünöldüğünde karşımıza geniş bir ürün yelpazesi çıkmaktadır. Bu ürünün yelpazesinin işletmenin ambarında düzgün olarak stoklanması, stokların gerektiğinde hızla yer değiştirilmesi ve forklift ile hızlı yüklenmesi envanter sayımlarındaki kolaylığı, ürünün yüzey kalitelerinin bozulma riskinin en aza indirilmesi gibi nedenler ile mermer mamuller palet, sandık, payanda ve bandıl tipi ambalajlama yapılmalıdır. Özellikle ihracat yapan firmalar konteyner ölçülerine göre ambalaj ölçülerini tespit etmek ve konteyner tonajına en uygun yüklemeyi yapmak zorundadırlar. İhraç edilecek ülkenin şartları göz önüne alınmalı, deniz aşırı ülkelere yapılan ihracatlarda deniz yolculuğu şartları da ayrıca dikkate alınmalıdır. İhraç edilen ürün fabrikadan müşteri deposuna kadar 6-8 arası elden geçirmekte ve çeşitli yol şartlarına maruz kalarak yerine ulaşmaktadır (Göknur, 2003).

Bu nedenle ambalajlama işlemleri ve ambalajın kalitesi önem kazanmaktadır. Firmaların ambalaja harcadıkları parayı müşteri isteğinden doğan fazladan maliyet olarak görmemesi, ticari ilişkilerin gelişerek sürmesi için gereken faktörlerden biri olarak görmesi gerekmektedir.

3.3.2.15. Yan Kalibre-Kenar Pah-Kanal Açma

Mermer fayanslarına ait kenar ölçülerinin standartlara uygun olarak hassas bir şekilde verildiği makinalar yan kalibrelerdir. Mermerlerin kullanım yerlerine göre dış kenarlarının genelde keskin köşelerden oluşması istenmez, bu nedenle kenarların yumuşatılması, keskinliğinin giderilmesi işlemine pah çekme denir. Ayrıca iki tarafı boyutlandırılmış fayans, bant üzerinde hareket ederek bu kenarlarına pahları açılır. Bu hareket sırasında altta bulunan dairesel testerele yardımcı ile isteğe bağlı olarak, duvar fayans arasında kalacak montaj malzemesini daha iyi kavraması için bir veya iki kanal açılır.

Farklı işlevleri olan bu üç ayrı bölüm (yan kalibre, kenar pah ve kanal açma) genellikle bir makina olarak imal edilmektedir. Kalibre ve pahda kullanılan yontucu malzemeler, elmaslı veya sentetik aşındırıcı olabilmektedir. Sentetik malzemeler pahalı ve daha kısa ömürlü olmasına rağmen iri kristalli, breşik ve gözenekli mermerlerin işlenmesinde daha iyi sonuç vermektedir (Karaca, 1997).

3.3.2.16. Su Arıtma

Mermer işleme tesisleri için su ihtiyacı, hayati bir öneme sahiptir. Hemen tüm işlemler için suya gereksinim duyulan mermer işleme tesislerinde gerekli su çoğunlukla yeniden kazanılarak kullanılır. Doğal taşların en küçük boyutta parça verdiği cila ünitelerinin son kafalarında 800 meş aşındırıcı başlıklarının kullanıldığını varsayarsak bu yaklaşık 18 mikron anlamına gelir. Bu başlıkların 10 mikron tane boyunda taş parçaları kopardığını düşünürsek su arıtma ve yeniden kazanım tesislerinin su içerisinden bu tane boyuna yakın taş parçalarını ayırabilecek yetenekte tasarlanmaları gerçeği ortaya çıkmaktadır. Mermer işleme tesislerinde kullanılan arıtma sistemleri,

- ✓ Ardışık Havuzlar yöntemi
- ✓ Sedimentasyon-flokülasyon yöntemi
- ✓ Hidrosiklonlar

Kullanılan suyun içerisinde bu boyutta ve sertliği işlenen mermerden daha sert parçaların bulunması durumunda özellikle cila hatlarında büyük sorunlar ile karşılaşılacağı söylenebilir (Karaca, 1997). İşlenen mermerin ürün kalitesinin kullanılan suyun iyi durultulmuş ve kontrol edilen bir sistemden geliyor olmasının önemi burada ortaya çıkmaktadır.

3.4. Kalite Maliyetleri Açısından Mermer İşleme Tesislerinin Değerlendirilmesi

Yukarıdaki bölümlerde mermer ve mermer işleme tesisleri hakkında genel bir bilgi verilmeye çalışılmıştır. Bu bölümde ise mermer işleme faaliyeti, bir süreç olarak kalite maliyetleri açısından ele alınarak incelenecektir.

Mermer işleme tesislerinin üretim sistemi bir bütün olarak ele alındığında kaliteyi etkileyen en önemli unsurların başında doğal taşın kendisi ile ilgili özellikler ön plana çıkmaktadır. Doğal taş pazarında tüketici talebi genellikle doğal taşın renk, doku, desen, homojenlik, dayanıklılık, hafiflik, korozyona dayanım, cila tutma gibi, taşın oluşumundan gelen ve sonradan çok fazla müdahale edilemeyen özellikleri üzerinde odaklanmaktadır. Buna rağmen gelişen teknoloji sayesinde, eskiden dayanıklı olmadığı için, kesme verimi düşük olduğu için talep görmeyen bazı taşların, kullanılan yeni kesim teknolojileri ve kimyasallar sayesinde dayanım ve kesim verimliliği özelliklerinde büyük artışlar meydana gelmektedir.

3.5. Üretim Süreci ile ilgili Kalite Değerlendirmeleri

Mermer işleme tesisi için kaliteli ürün üretme koşulunun başında pazarın istediği koşullara uygun doğal taş üretimine uygun bir ya da birkaç ocak ile bağlantıda olmak çok önemlidir. Bunun ardından hammadde olarak kullanılacak blokların doğru seçilmesi, seçilen bu blokların doğru şekilde sayılanması, taşınması ve stoklanması gelmektedir.

Kesim hattının seçilmesi ve kesim yönünün tespiti de yine önemli bir süreçtir. Ayrıca kesim süresince hattın kontrol edilmesi, kesim makinalarının standartlar

içerisinde çalıştığının ölçülmesi önemlidir. Gereğinden fazla su tüketimi, elektrik tüketimi, kesim hızının iyi ayarlanmaması sonucunda kesme veriminin düşmesi gibi bir çok unsur kesim hattı süresince kontrol edilmelidir. Kesim hattı makinaları tek tek olduğu gibi birbirleri ile ilişkilendirilerek de belli sınırlar getirilmeli ve bu sınırlar içerisinde kontroller yapılmalıdır. Buna bir örnek vermek gerekirse, katrakta kesilen levhaların kesme hızları standartların dışında olduğu zaman, istenen levha kalınlıklarından sapmalar meydana gelecektir. Olması gerekenden kalın üretilen levhalar ise geniş bant cila makinasındaki aşındırıcı tüketimini artıracaktır.

Bir başka önemli husus ise her doğal taşın özelliklerinin iyi tespit edilerek her birisi için kullanılan üretim parametrelerinin farklı uygulanmasının önemidir. Her bir doğal taş için testere tipi, lama tipi, kesme hızı, kullanılan dolgu malzemesi, Reçineli Dolgu türü, kalibrasyon süresi, aşındırıcı sayısı ve türü, kurutma-kür süresi gibi bir çok üretim parametresi değeri belirlenmeli ve üretimi yapılan doğal taş ve istenen ürüne göre en uygun olan parametre değeri kullanılmalıdır.

Ülkemizde kalite açısından yapılan hatalardan birisi de hangi ürün ve doğal taş üretilirse üretilsin tüm üretim parametrelerinin değiştirilmeden aynen uygulanmasıdır. Oysa üretim sistemi içerisinde oluşturulacak bir kalite kontrol birimi, işlenen doğal taşlara göre bu parametrelerin en uygun değerlerini tespit edebilir.

Mermer işleme tesislerinde kalite kontrol için önemli noktaların incelenmesi durumunda şu sonuçlara ulaşılabilir;

- ✓ Öncelikle stok sahasında müşteri talebine uygun blokların seçilmesi çok önemlidir. Doğru seçilmeyen mermer bloğundan kaynaklanan kalitesizlik unsurunu üretim süreci içerisinde düzeltmek neredeyse olanaksızdır.
- ✓ Kesim hattının doğru seçilmesi, Katrak ya da ST veya her ikisinin de kullanıldığı karma bir sistem ile kesimin yapılması alternatiflerinden hangisinin seçileceğine iyi karar verilmelidir. Kararı istenilen ürünün niteliği, işletmedeki makina ve ekipmanın durumu ve siparişin talep edilen sürede yetiştirilmesi gerekliliği gibi parametreler etkileyebilir.

- ✓ Katrak ürünleri mutlaka ölçülmeli, kalınlık ölçümleri birkaç noktadan yapılmalıdır, bu geniş bant cila makinasındaki kullanım için de bir hazırlık bilgisi olacaktır.
- ✓ Katrak levhaları mutlaka sağlamlık açısından kontrol edilmelidir. Eğer fayans hattına beslenme durumu var ise renk uyumu açısından doğru besleme yönü seçimi yapılmalıdır.
- ✓ Geniş bant cila hattında kalınlık kontrolü ve parlaklık ölçümleri yapılmalıdır. Cila kontrolü her adımda yapılarak aşındırıcı tüketimi açısından tasarrufa gidilebilir.
- ✓ Köprü kesme makinaları kullanılırken gönye ölçümleri ve kontrolleri mutlaka yapılmalıdır. Dijital köprü kesme makinaları her ne kadar bu işlemi otomatik olarak yapsa da ilk levha için el ile kontrolde yarar vardır.
- ✓ ST'den çıkan stripler mutlaka kontrol edilmeli, büyük siparişlerde örnekler alınarak ölçümlendirilip saklanmalıdır. Kalınlık kontrolü, gönye kontrolü, renk kontrolü ve sağlamlık kontrolü stripler için de önemlidir ve yapılmalıdır.

Kalite maliyeti olarak ise doğal taşın üretildiği ocakların bulunması, bu ocaklardan taş seçecek elemanların uygun şekilde eğitimlerinin yapılması, bu elemanların ücretleri, blokların uygun şekilde sevk edilmesi, stoklanması, kesim hatlarının seçilmesi için eleman yetiştirilmesi, bu elemanların ücretleri, kesime hazırlık giderleri, kesim sırasında kontrol giderleri, örnekleme giderleri, seçim masası elemanı yetiştirme giderleri, bu elemanların ücretleri, sergi, fuar gibi pazar genişletme çalışmalarında kullanılacak kalifiye elemanların yetiştirilme giderleri, bu elemanların ücretleri, en uygun üretim parametresinin seçilmesi için yapılan çalışmaların giderleri, seleksiyonda ikinci kaliteye ayrılan ürün giderleri, satıştan dönen ürün giderleri gibi bir çok gider türü kalite maliyeti olarak değerlendirilebilir.

4. MERMER İŞLEME TESİSLERİ ÜRETİM MODELİNİN OLUŞTURULMASI VE KALİTE MALİYETLERİNİN ENİYİLEMESİ (OPTİMİZASYONU)

4.1. Yöntem

Bu bölümde mermer işleme tesisleri için üretim ile ilgili tüm parametreler değerlendirilecek ve bir model oluşturulacaktır. Model için bir çok mermer işleme tesisi incelenmiştir. Her ne kadar incelenen işletmelerin hiçbirisinde tedarikçi sayısının üçü, ürün sayısının beşi geçmediği gözlenmiş olsa da büyük bir yelpazedeki işletmeleri içerisine alabilmesi için geliştirilen modelde beş farklı ocaktan hammadde alan, bu ürünleri yedi ayrı mermer ürününe dönüştüren bir mermer işleme tesisi değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında hemen tüm makineler ve üretim ilişkileri incelenip eşitlikler çıkarılmıştır.

Bu eşitlikler kullanılarak, beş farklı doğal taştan üretilen yedi ayrı ürün için (toplam 35 ayrı ürün) ayrıntılı maliyet değerleri elde edilmiştir. Bu maliyet değerleri kullanılarak –belirli kısıtlar altında- tesiste hangi üründen ve hangi doğal taştan ne miktarda ürün üretilir ise toplam maliyetler en az olur şeklinde bir eniyileme çalışması yapılacaktır.

Eniyileme, bir problemde belirli koşullar altında mümkün olan alternatifler içinden en iyisini seçmektir. Askeri, endüstri, tarım, ulaştırma, ekonomi, sağlık sistemleri, hatta davranış bilimleriyle sosyal bilimler gibi alanlarda başarılı uygulamaları vardır. Yöntemin kullanışlılığı bilgisayar yazılımındaki gelişmelerle daha da artmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuç eşitliği doğrusal bir model olduğu için bu çalışmada eniyileme amacıyla doğrusal programlama tekniklerinden yararlanılacaktır. Doğrusal programlama, doğrusal bir fonksiyonun, doğrusal eşitlik veya eşitsizliklerle tanımlanan bir küme üzerinde en uygun değerinin bulunması programı ile ilgilidir.

Doğrusal eniyileme problemleri genel olarak,

$$MinZ = \sum_{j=1}^n c_j x_j \dots\dots\dots(4.1)$$

Şeklinde gösterilirler (Sezginman,2001). Bu genel gösterimde c değerleri katsayıları, x değerleri ise değişkenleri göstermektedir. Mermer işleme tesisleri için model oluşturulacak olursa c değerleri her doğal taştan üretilen her bir tür mermer birimi için kalite maliyetini gösterirken (YTL/m²), x değerleri işleme tesislerine uygun kısıtlar altında üretilmesi gereken miktarları (m²) göstermektedir. Bu durumda Min Z olarak gösterilen işleme tesisi toplam maliyeti YTL olarak ortaya çıkacaktır. Eniyilemeden amaç bu Z değerini en az (Min) yapabilecek x değerlerini bulabilmektir.

Modelin soru cümlesi ise; “Hangi üründen ne kadar üretirse kalite maliyetleri (yada genel maliyetleri) en az olur?” şeklindedir. C ve X değerlerini her bir doğal taşıcağı ve ürün için indislersek modeli genel olarak yazarsak eşitlik (4.2)’de verildiği gibi olacaktır.

$$MinZ = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Cij \times Xij \dots\dots\dots(4.2)$$

Burada kullanılan indisleri mermer işleme tesislerine ortalama 5 doğal taş türü ve 7 ayrı ürün için uygularsak,

i=1	Mermer türü (ocak) 1	j=1	Ham levha
i=2	Mermer türü (ocak) 2	j=2	Honlanmış levha
i=3	Mermer türü (ocak) 3	j=3	Cila levha
i=4	Mermer türü (ocak) 4	j=4	Ham strip
i=5	Mermer türü (ocak) 5	j=5	Honlanmış strip
		j=6	Cila strip
		j=7	Fayans

Elde edilir.

Bu eniyilemeyi yapabilmek için ise öncelikle modeli kurmak ve c değerlerini hesaplamak gerekmektedir. Yapılacak işlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir,

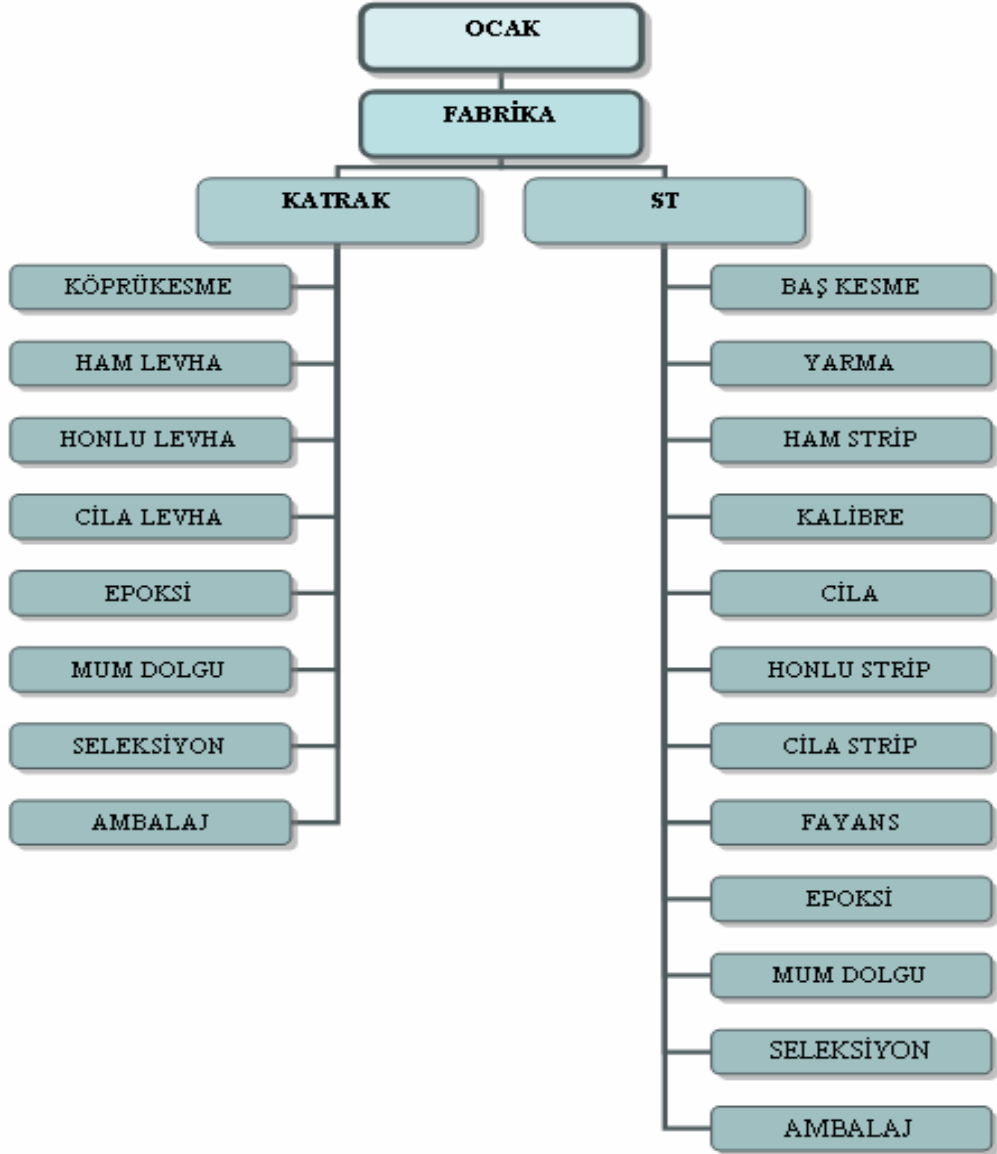
- ✓ Mermer işleme tesisleri üretim sistemi incelenecek
- ✓ Üretim sistemi üretim adımlarına bölünecek
- ✓ Her bir adım eşitlikler ile ifade edilecek
- ✓ Maliyetler hesaplanacak
- ✓ Kalite maliyetleri hesaplanacak (c)
- ✓ Model oluşturulacak
- ✓ Kısıtlar tespit edilecek
- ✓ Eniyileme yapılarak üretim miktarları (x) hesaplanacak

Bu işlemi gerçekleştirebilmek için mermer işleme tesislerini ifade edebilecek bir modele ihtiyaç vardır ve bu model tedarikçi ocağından ambalaj birimine kadar her şeyi içine almalıdır. Bu nedenle işlem tedarikçi ocağında başlayacaktır. Ocaktan doğal taşın seçilmesi, taşın nakliyesi, stok sahasında yerleştirilmesi, uygun zamanda stoktan blok seçilmesi, seçilen blok için kesim hattı ve kesme yönünün seçilmesi, istenen ürüne göre işlemlere tabi tutulması genel olarak üretim sistemi olarak değerlendirilebilir.

Çalışma süresince incelenen mermer işleme tesislerinde genelde bağlı oldukları bir ve/veya iki ocaktan gelen belli bir doğal taş ve pazarda çok tutulan bir ve/veya iki taş olmak üzere ortalama dört ayrı doğal taşın işlendiği gözlenmiştir. Ayrıca ürün çeşitliliği olarak da sadece strip (ST'den çıkan ebatlı ürün) üreten işletmeler, sadece katrak çalıştıran işletmelerin yanında tüm işletmeleri kapsamı açısından tespit edilen tüm ürün tiplerini değerlendirme kararı alınmış ve yedi ayrı ürün tipi belirlenmiştir. Eskitme adı verilen özel bir yöntem uygulayarak klasik doğal taş ürünlerinden farklı ürünler üzerinde çalışmalar yapan ve bu alanda üretim yapan işletmeler de her geçen gün artmaktadır. Ancak bu işletmelerin eskitme hatlarında bir standart olmadığı için, veri almak ve inceleme yapmak mümkün olmamıştır.

Her fabrika ayrı bir eskitme yöntemini, kendisine göre değiştirerek uygulamaya çalıştığı için sağlıklı veri almak ve bir eşitlik elde etmek mümkün olmamıştır. Ürünler

ile ilgili akım şeması ve ilişkili makina parkı Şekil 4.1’de verildiği gibidir, üretim ile ilgili eşitlikler bu akım şeması kullanılarak çıkarılacaktır.



Şekil 4.1. Mermer İşleme Tesisleri için Genel Akım Şeması-Makina Parkı

Şekil 4.1’deki akım şemasından da anlaşılacağı gibi ocaktan gelen mermer blokları fabrikada farklı ürünlere dönüştürülmektedir, bunlar,

- Ham Levha
- Honlama Levha
- Cila Levha
- Ham Ebatlı (Ham Strip)
- Honlama Ebatlı (Honlu Strip)
- Cila Ebatlı (Cila Strip)
- Fayans

olarak sınıflandırılabilir. Ham levha; katrik ürünü işlenmemiş levhaları, honlama levha; katrik ürünü cilalanmamış sadece bir miktar yüzeyi düzeltilmiş (yarı cilalama) levhaları, cila levha; katrik ürünü cilalanmış levhaları, ham ebatlı; ST ürünü işlenmemiş stripleri, honlama ebatlı, ST ürünü yarı işlenmiş stripleri, Cila ebatlı; ST ürünü cilalanmış stripleri ve fayans; ST ya da katrik ürünü kare olarak boyutlandırılmış kalınlıkları genelde 2 ya da 1 cm cilalanmış, epoksilenmiş fayans tanımına uygun ürünleri ifade etmektedir.

Bu ürünlerin her birisinin üretimi için kullanılan makinalar ve işlem adımları işletmelerde yapılan incelemeler sonucunda çıkarılmıştır. Buna göre her bir ürün için kullanılan makina ve işlem adımları Çizelge 4.1’de verildiği gibidir.

Çizelge 4.1. Mermer Üretim Akım Şemaları

Ham levha	Honlu levha	Cila levha	Ham ebatlı	Honlama ebatlı	Cila ebatlı	Fayans
Ocak	Ocak	Ocak	Ocak	Ocak	Ocak	Ocak
Nakliye	Nakliye	Nakliye	Nakliye	Nakliye	Nakliye	Nakliye
Stok	Stok	Stok	Stok	Stok	Stok	Stok
Katrik	Katrik	Katrik	ST	ST	ST	ST-katrik
Köprükesme	Köprükesme	Köprükesme	Başkesme	Başkesme	Başkesme	Başkesme
Seçim	Honlama	Cila	Yarma	Yarma	Yarma	Yarma
Ambalaj	Seçim	Dolgular	Seçim	Honlama	Kal.cila	Fayans Hattı
	Ambalaj	Seçim	Ambalaj	Seçim	Dolgular	Dolgular
		Ambalaj		Ambalaj	Seçim	Seçim
					Ambalaj	Ambalaj

4.2. Maliyet Parametrelerinin Modellenmesi

Mermer işleme tesisi üretim modelini ortaya koymak ve ardından bu model üzerinden eniyileme yapabilmek için önce bu üretim sistemini oluşturan tüm parçaların tek tek işlem adımlarına bölünmesi, bu işlem adımlarının da matematiksel eşitlikler olarak ifade edilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle mermer işleme tesisi üretim sistemi blokların getirildiği ocaklardan başlanarak ürünlerin ambalajlandıkları malzeme giderine kadar adım adım incelenecek ve eşitlikler halinde ifade edileceklerdir.

Sahada yapılan incelemelerde maliyetlerin YTL/m² olarak doğrudan ölçülmesinin zor olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle ölçümler önce çok daha kolay ve pratik olan YTL/dakika olarak yapılmıştır. Bu değeri hesaplanan herhangi bir üretim adımının sözkonusu ürünü üretmek için kaç dakika çalıştığı hesaplanarak iki değer çarpılmakta (YTL/dakika x dakika) ve YTL/m² değeri hesaplanmaktadır.

4.2.1. Tedarikçi Ocağı ve Nakliye

Mermer işleme tesisi üretim sistemi için ilk adım tedarikçi ocağında başlar. Ocaktan, fabrikadaki üretim için blok seçecek işgörenin bu konuda iyi eğitilmiş olması gerekmektedir. Bu eğitimin kapsamında, doğal taşın özellikleri, fabrikanın işletme özellikleri ile pazardaki talep özellikleri ile pazarlama ve insan ilişkileri gelmektedir.

$$BSig = \frac{P1 * Gig}{13500} \dots\dots\dots(4.3)$$

Burada;

BSig : Blok Seçimi Yapan İşgören Toplam Gideri (YTL/dakika)

P1 : Blok Seçimi Yapan İşgören Sayısı

Gig : Blok Seçimi Yapan İşgören Gideri (YTL/ay)

13500 : Ay ile İlgili Değeri Dakikaya Çevirme Katsayısı (30 x 60 x 7,5)

Seçimi yapılan mermer blokları için eğer ocak fabrikaya ait bir ocak değilse, yani bedeli ödenerek bloklar satın alınıyor ise, bu durumda mermer blokları için ilk giren madde gider hesaplaması yapmak gerekecektir;

$$Mim = Bim \times Th \dots\dots\dots(4.4)$$

Burada;

Mim : Aylık Hammadde (İlk giren) Toplam Maliyeti (YTL/ay)

Bim : Hammadde Birim Maliyeti (YTL/m³)

Th : Aylık Hammadde Miktarı (m³/ay)

Tedarikçi ocağında seçilen bloğun işlem göreceği fabrikaya getirilmesi de ayrı bir gider kalemini oluşturmakta olup (4.5)'de verildiği gibi hesaplanabilmektedir,

$$N_{tg} = \frac{N_g \times T_h}{13500} \dots\dots\dots(4.5)$$

Burada;

N_{tg} : Aylık Blok Nakliye Toplam Gideri (YTL/dakika)

N_g : Blok Nakliye Gideri (YTL/m³)

T_h : Aylık Hammadde Miktarı (m³/ay)

4.2.2. Fabrika Stok Sahası

Mermer işleme fabrikası için blok stok sahasının önemi ve çalışma biçimi daha önceki bölümde ayrıntısı ile ele alınmıştır. Üretim için hangi bloğun seçileceği, kesim yönünün tespiti ve seçilen bloğun hangi üretim hattında kesileceğine karar verilmesi ile kesime hazırlık aşamasında yapılması gerekenler, üretim sisteminin ilk aşamasında yapılması gerekenleri oluşturmaktadır. Bu aşamada sayılan işlemleri doğru uygulamak sonuçta elde edilecek ürünlerin kalitesi ile doğrudan ilgilidir. Bu işlemleri yapacak İşgörenin iyi eğitilmiş olması bu kalitenin sağlanmasında rol oynayacaktır, bu anlamda bu eğitimden doğan maliyet kalite maliyeti olarak değerlendirilebilir ve (4.6)'da verildiği gibi hesaplanabilir;

$$BH_{ig} = \frac{P_2 \times G_i}{13500} \dots\dots\dots(4.6)$$

Burada;

BH_{ig} : Blok Hazırlık İşgören Toplam Gideri (YTL/dakika)

P_2 : İşgören Sayısı

G_i : Blok Hazırlık İşgören Gideri (YTL/ay)

4.2.3. Katrak

Katrak makinasının üretim sistemi içerisinde önemli bir yeri vardır. Taş kesim biçimi olarak 80 ila 100 levhayı aynı anda kestiği için uzun süren blok kesim işleminin ardından bir anda sisteme 80-100 levha besleyebilmektedir. Katraklar kestikleri doğal taşın özelliklerine bağlı olarak ortalama 0,25-0,6 metretül/saat hızla kesim yaparlar. Büyük oranda su ve elektrik giderine neden olan katrakların son yıllarda çıkan gelişmiş modellerinin kontrolü otomatik panolar tarafından yapıldığı için bir işgören yeterli olmaktadır. Katrak ile ilgili giderler eşitlik (4.7)'de verildiği gibi ifade edilebilir;

$$Kg = Ke + Ksarf + Ksu + \frac{(Kig + Kam)}{13500} \dots\dots\dots(4.7)$$

Burada;

$$Kig = P3 \times Ki \dots\dots\dots(4.8)$$

$$Ke = \frac{(KG \times 1,3 \times EF)}{60} \dots\dots\dots(4.9)$$

$$Ksu = \frac{Ks \times SF}{1000} \dots\dots\dots(4.10)$$

$$Ksarf = \frac{Ls \times Lf}{\left(\frac{L\ddot{o}}{Hk} \times 60\right)} \dots\dots\dots(4.11)$$

$$Kam = \frac{Kf}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots(4.12)$$

- Kg : Katrak ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
- K_{ig} : Katrak İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
- P3 : İşgören Sayısı
- K_i : Katrak İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
- K_e : Katrak Elektrik Gideri (YTL/dakika)
- KG : Katrak Kurulu Güç (kW)
- EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
- K_{su} : Katrak Su Gideri (YTL/dakika)

- K_s : Katrak Su Tüketimi (lt/dakika)
 SF : Su Birim Fiyatı (YTL/m³)
 K_{sarf} : Lama Sarfı Gideri (YTL/dakika)
 L_s : Lama Sayısı
 L_f : Lama Fiyatı (YTL/adet)
 $L_ö$: Lama Ömrü (metretül)
 H_k : Kesme Hızı (metretül/saat)
 K_{am} : Katrak Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
 K_f : Katrak Alış Fiyatı (YTL)

Ayrıca elektrik girdi hesaplanırken kullanılan 1,3 katsayısı, kurulu gücü verilmiş elektrik motorlarının çektikleri tüketim değerini hesaplarken kullanılan bir değerdir ve diğer hesaplamalarda da kullanılacaktır (Chapman, 1991; Saroğlu vd., 2003). Su gideri ise litre olarak okunduğu için fiyatlandırma birimi olan m³ değerine dönüştürülmelidir. Bu nedenle eşitlik 1000'e bölünür.

4.2.4. Dairesel Diskli Blok Kesme Makinesi

Dairesel Diskli Blok Kesme, ST, mermer işleme tesisleri için önemli kesim hattı makinalarının başında gelir. En yaygın kullanımı olan kesim hattı makinasıdır. Sadece ST ler ile 30 cm'ye serbest boy strip kesimi için planlanmış fabrikalar vardır. Ülkemizde hemen her mermer işleme tesisinde bir ya da birkaç tane ST bulunurken Çin'de 17 adet ST ile aynı anda kesim yapan fabrikalar olduğu bilinmektedir (Büyükçüçlü, 2003). ST ler dikey ve yatay dairesel testere ve hareket motorları ile elektrik ve su gideri oluşturmanın yanı sıra, testere sarfı ve işgören gideri ve aşınma payı bedeli ile işletme üretim sistemi içerisinde öne çıkmaktadırlar. Bu sistem içerisinde ST leri ifade edebilecek eşitlikler (4.13)'de verildiği gibidir,

$$STg = STe + STsu + STsarf + \frac{(STig + STam)}{13500} \dots\dots\dots (4.13)$$

Burada;

$$STig = P4 \times STi \dots\dots\dots (4.14)$$

$$STe = \frac{STG \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.15)$$

$$STsu = \frac{STs \times SF}{1000} \dots\dots\dots (4.16)$$

$$STsarf = \frac{(Ts \times Tf)}{\left(\frac{Tö}{Hst} \times 60\right)} \dots\dots\dots (4.17)$$

$$STam = \frac{STf}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots (4.18)$$

- STg : ST ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
 STig : ST İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
 P4 : İşgören Sayısı
 STi : ST İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
 Ste : ST Elektrik Gideri (YTL/dakika)
 STG : ST Kurulu Güç (kW)
 EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
 STsu : ST Su Gideri (YTL/dakika)
 STs : ST Su Tüketimi (lt/dakika)
 SF : Su Birim Fiyatı (YTL/m³)
 STsarf : ST Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)
 Ts : Testere Sayısı (adet)
 Tf : Testere Fiyatı (YTL/adet)
 Tö : Testere Ömrü (m²)
 Hst : Kesme Hızı (m²/saat)
 STam : ST Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
 STf : ST Alış Fiyatı (YTL)

4.2.5. Baş Kesme Makinası

Yarma makinası, ST de kalın kesilen striplerin ortasından yarılarak ürün miktarını bir anda iki katına çıkaran, kapasite açısından oldukça önemli makinedir. Kullanımı biraz fazla özen isteyen bu önemli makinaların elektrik, su, sarf ve İşgören ve aşınma payı (amortisman) giderleri eşitlik (4.19)'da verildiği gibi ifade edilebilir;

$$BK_g = BK_e + BK_{su} + BK_{sarf} + \frac{(BK_{ig} + BK_{am})}{13500} \dots\dots\dots (4.19)$$

Burada;

$$BK_{ig} = P5 \times BK_i \dots\dots\dots (4.20)$$

$$BK_e = \frac{BKG \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.21)$$

$$BK_{su} = \frac{(BK_s \times SF)}{1000} \dots\dots\dots (4.22)$$

$$BK_{sarf} = \frac{(T_s \times T_f)}{\left(\frac{T_ö}{Hbk} \times 60\right)} \dots\dots\dots (4.23)$$

$$BK_{am} = \frac{BK_f}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots (4.24)$$

BK_g : Başkesme ile İlgili Giderler (YTL/dakika)

BK_{ig} : Başkesme İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)

$P5$: İşgören Sayısı

BK_i : Başkesme İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)

BK_e : Başkesme Elektrik Gideri (YTL/dakika)

BKG : Başkesme Kurulu Güç (kW)

EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)

BK_{su} : Başkesme Su Gideri (YTL/dakika)

BK_s : Başkesme Su Tüketimi (lt/dakika)

SF : Su Birim Fiyatı (YTL/m³)

BK_{sarf} : Başkesme Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)

- T_s : Testere Sayısı
 T_f : Testere Fiyatı (YTL/adet)
 $T_ö$: Testere Ömrü (m^2)
 H_{bk} : Kesme Hızı ($m^2/saat$)
 BK_{am} : Başkesme Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
 BK_f : Başkesme Fiyatı (YTL)

4.2.6. Yarma Makinası

Yarma makinası, ST ve baş kesmede son ürün kalınlık değerinin iki katından biraz fazla (0.5-0.7 cm) kesilen ürünlerin kalınlıklarını ortadan ikiye bölerek ürün miktarını bir anda iki katına çıkaran oldukça kullanışlı, üretim sistemine hareket getiren makinalardan birisidir. Taş besleme şekline göre dikey ve yatay yarma olarak iki gruba ayrılan yarma makinalarında birbirine yakın mesafelerde ve aynı eksenlerde dönen testereleer sabitlenmiş taşı ikiye bölerler. İşgören olarak diğer makinalara oranla daha fazla özen isteyen bir makina olması itibarıyla yarma makinalarında iyi eğitilmiş operatörlerin çalıştırılmasında fayda vardır. Giderler olarak ise işgören giderleri, elektrik, su, sarf ve aşınma payı giderleri ile eşitlik (4.25)'de verildiği gibi ifade edilebilir;

$$Y_g = Y_e + Y_{su} + Y_{sarf} + \frac{(Y_{ig} + Y_{am})}{13500} \dots\dots\dots (4.25)$$

Burada;

$$Y_{ig} = P_6 \times Y_i \dots\dots\dots (4.26)$$

$$Y_e = \frac{Y_G \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.27)$$

$$Y_{su} = \frac{Y_s \times SF}{1000} \dots\dots\dots (4.28)$$

$$Y_{sarf} = \frac{(T_s \times T_f)}{\left(\frac{T_ö}{H_y} \times 60\right)} \dots\dots\dots (4.29)$$

$$Y_{am} = \frac{Y_f}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots(4.30)$$

- Y_g : Yarma Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
 Y_{ig} : Yarma Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
 P_6 : İşgören Sayısı
 Y_i : Yarma Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
 Y_e : Yarma Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)
 Y_G : Yarma Makinası Kurulu Güç (kW)
 EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
 Y_{su} : Yarma Makinası Su Gideri (YTL/dakika)
 Y_s : Yarma Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)
 SF : Su Birim Fiyatı (YTL/m³)
 Y_{sarf} : Yarma Makinası Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)
 T_s : Testere Sayısı (adet)
 T_f : Testere Fiyatı (YTL/adet)
 $T_ö$: Testere Ömrü (m²)
 H_Y : Kesme Hızı (m²/saat)
 Y_{am} : Yarma Makinası Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
 Y_f : Yarma Makinası Fiyatı (YTL)

4.2.7. Köprü Kesme Makinası

Köprü kesme makinası, katraktan çıkan levhaların blok geometrisi ve şekline uygun olarak sahip oldukları doğal kenar şekillerini düzeltmek ve geniş bant cila hattına beslenebilmeleri için boyutlandırmak üzere kullanılan levha kenarlarını düzeltme, kesme makinasıdır. ST ürünü striplerin kenarını düzelten baş kesme makinasının katrik hattındaki karşılığıdır denebilir. Köprü kesme makinası da klasik kesim hattı makinaları gibi, işgören, elektrik, su, sarf ve aşınma payı giderleri ile ifade edilebilir;

$$KK_g = KKe + KKsu + KKsarf + \left(\frac{KKam + KKig}{13500} \right) \dots\dots\dots(4.31)$$

Burada;

$$KK_{ig} = P7 \times KK_i \dots\dots\dots (4.32)$$

$$KK_e = \frac{KKG \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.33)$$

$$KK_{su} = \frac{KK_s \times SF}{1000} \dots\dots\dots (4.34)$$

$$KK_{sarf} = \frac{(T_s \times T_f)}{\left(\frac{T_ö}{H_{kk}} \times 60\right)} \dots\dots\dots (4.35)$$

$$KK_{am} = \frac{KK_f}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots (4.36)$$

KK_g : Köprükesme Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)

KK_{ig} : Köprükesme Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)

$P7$: İşgören Sayısı

KK_i : Köprükesme Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)

KK_e : Köprükesme Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)

KKG : Köprükesme Makinası Kurulu Güç (kW)

EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)

KK_{su} : Köprükesme Makinası Su Gideri (YTL/dakika)

KK_s : Köprükesme Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)

SF : Su Birim Fiyatı (YTL/m³)

KK_{sarf} : Köprükesme Makinası Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)

T_s : Testere Sayısı (adet)

T_f : Testere Fiyatı (YTL/adet)

$T_ö$: Testere Ömrü (m²)

H_{kk} : Kesme Hızı (m²/saat)

KK_{am} : Köprükesme Makinası Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)

KK_f : Köprükesme Makinası Fiyatı (YTL)

4.2.8. Geniş Bant Cila (Levha Cila)

Geniş bant cila hattı, katrak ürünü levhaların cilalanması için kullanılan bir makinadır. Genişlikleri 200 cm'i bulan levhalar sıra ile bu makinarya beslenerek cilalanırlar. Honlama levha üretimi de yine geniş bant cila makinasında yapıldığı için honlama levha üretimi ile ilgili ayrıca eşitlikler üretilmemiştir. Honlama levha üretimi için, burada geniş bant cila için verilen eşitlikler aynen geçerlidir.

$$LC_g = LC_e + LC_{su} + LC_{sarf} + \frac{(LC_{am} + LC_{ig})}{13500} \dots\dots\dots (4.37)$$

Burada;

$$LC_{ig} = P8 \times LC_i \dots\dots\dots (4.38)$$

$$LC_e = \frac{(LCG \times 1,3 \times EF)}{60} \dots\dots\dots (4.39)$$

$$LC_{su} = \frac{(LC_s \times SF)}{1000} \dots\dots\dots (4.40)$$

$$LC_{sarf} = \frac{(C_s \times C_f)}{\left(\frac{C_{\ddot{o}}}{H_{LC}} \times 60\right)} \dots\dots\dots (4.41)$$

$$LC_{am} = \frac{LC_f}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots (4.42)$$

LC_g : Levha Cila Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)

LC_{ig} : Levha Cila Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)

P8 : İşgören Sayısı

LC_i : Levha Cila Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)

LC_e : Levha Cila Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)

LCG : Levha Cila Makinası Kurulu Güç (kW)

EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)

LC_{su} : Levha Cila Makinası Su Gideri (YTL/dakika)

LC_s : Levha Cila Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)

- SF : Su Birim Fiyatı (YTL/m³)
 LC_{sarf} : Levha Cila Makinası Abrasif Sarfı Gideri (YTL/dakika)
 C_s : Abrasif Sayısı (adet)
 C_f : Abrasif Fiyatı (YTL/adet)
 C_ö : Abrasif Ömrü (m²)
 H_{LC} : Cila Hızı (m²/saat)
 LC_{am} : Levha Cila Makinası Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
 LC_f : Levha Cila Makinası Fiyatı (YTL)

4.2.9. Fayans Hattı

Fayans hattı, bir mermer işleme tesisi için makina parkının en önemli unsurlarından birisidir. Fayans hattı içerisinde birçok makina yer alabilir. Fayans hattında ST'den gelen ham taşlar işlenip fayansa dönüştürülürken duruma göre kapasite artırmak için katrik ürünü levhalar da kesilerek fayans hattına beslenebilirler. Reçine dolgu hattı ve fırını ile çimento dolgu makinası ve mum dolgu işlemin yapıldığı ünite bazen fayans hattı içerisinde yer alsa da burada fayans hattında ayrı olarak değerlendirileceklerdir. Fayans hattı olarak çoklu kesme, plaka kalibre, plaka cila, yan kesme değerlendirilmiştir. Bu hattın genel giderleri eşitlik (4.43)'de verildiği gibi ifade edilebilir;

$$Fg = Fe + Fsu + Fsarf + \left(\frac{Fig + Fam}{13500} \right) \dots\dots\dots (4.43)$$

Burada;

$$Fig = P9 \times Fi \dots\dots\dots (4.44)$$

$$Fe = \frac{FG \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.45)$$

$$Fsu = \frac{(Fs \times SF)}{1000} \dots\dots\dots (4.46)$$

$$F_{sarf} = \frac{(C_s \times C_f)}{\frac{C_{\ddot{o}}}{H_F} \times 60} \dots\dots\dots(4.47)$$

$$F_{am} = \frac{F_f}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots(4.48)$$

- F_g : Fayans Hattı ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
 F_{ig} : Fayans Hattı İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
 P₉ : İşgören Sayısı
 F_i : Fayans Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
 F_e : Fayans Hattı Elektrik Gideri (YTL/dakika)
 F_G : Fayans Hattı Kurulu Güç (kW)
 EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
 F_{su} : Fayans Hattı Su Gideri (YTL/dakika)
 F_s : Fayans Hattı Su Tüketimi (lt/dakika)
 SF : Su Birim Fiyatı (YTL/m³)
 F_{sarf} : Fayans Hattı Abrasif Sarfı Gideri (YTL/dakika)
 C_s : Abrasif Sayısı (adet)
 C_f : Abrasif Fiyatı (YTL/adet)
 C_ö : Abrasif Ömrü (m²)
 H_F : Cila Hızı (m²/saat)
 F_{am} : Fayans Hattı Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
 F_f : Fayans Hattı Fiyatı (YTL)

4.2.10. Reçine Dolgu (Epoksi)

Dolgu giderleri arasında en büyük pay reçine dolgu giderlerine aittir. Reçine dolgu malzemesi genelde yurtdışından ithal bir takım kimyasalların karıştırılması ile elde edilir ve kalınlığı 1cm gibi az veya dayanımı az olan doğal taş ürünlerin dayanımlarını artırmak için kullanılır. Ayrıca yüzey geçirgenliklerini ve bozunmayı engellemek için de dolgu maddeleri kullanılır. Reçine dolgu işleminde dolgu giderinin

yanı sıra İşgören, ve kurutma fırınının elektrik gideri ile aşınma payı gideri eşitlik olarak ifade edilebilir;

$$Eg = Ee + \left(\frac{((Esarf \times E_{TÜ}) + Eam + Eig)}{13500} \right) \dots\dots\dots (4.49)$$

Burada;

$$Eig = P10 \times Ei \dots\dots\dots (4.50)$$

$$Ee = \frac{EG \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.51)$$

$$Esarf = E_M \times \frac{E_F}{1000} \dots\dots\dots (4.52)$$

$$Eam = \frac{Ef}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots (4.53)$$

- Eg : Reçine dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)
 E_{ig} : Reçine dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
 E_e : Reçine dolgu kurutma Fırını Elektrik Gideri (YTL/dakika)
 E_{sarf} : Reçine dolgu Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/m²)
 $E_{TÜ}$: Reçine dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m²/ay)
 E_{am} : Reçine dolgu Hattı (Fırın) Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)
 E_M : Reçine dolgu Miktarı (gr/m²)
 E_F : Reçine dolgu Fiyatı (YTL/kg)
 $P10$: İşgören Sayısı
 E_i : Reçine dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
 EG : Reçine dolgu Kurutma Fırını Kurulu Güç (kW)
 EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
 E_f : Reçine dolgu Makinası (Fırın + Hat) Fiyatı (YTL)

4.2.11. Çimento Dolgu

Çimento dolgu, travertenlerin işlenmesi sırasından kullanılan bir uygulamadır. Çimento dolguda travertenlerin yapısından bulunan gözeneklerin ve boşlukların taşın rengine yakın bir renkte hazırlanan dolgu malzemesi ile doldurulması işlemidir. Bunun için malzeme, İşgören, elektrik ve makina aşınma payı değerlendirilebilir, su kullanımı çok az olduğu için değerlendirmeye alınmamıştır;

$$CDg = CDe + \frac{((CDsarf \times CD_{TÜ}) + CDig + CDam)}{13500} \dots\dots\dots (4.54)$$

Burada;

$$CDig = P11 \times CDi \dots\dots\dots (4.55)$$

$$CDe = \frac{CDG \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.56)$$

$$CDsarf = CD_M \times CD_F \dots\dots\dots (4.57)$$

$$CDam = \frac{CDf}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots (4.58)$$

CDg : Çimento Dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)

CD_{ig} : Çimento Dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)

CD_e : Çimento Dolgu Elektrik Gideri (YTL/dakika)

CD_{sarf} : Çimento Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/m²)

CD_{TÜ} : Çimento Dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m²/ay)

CD_{am} : Çimento Dolgu Hattı Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)

CD_M : Çimento Dolgu Miktarı (kg/m²)

CD_F : Çimento Dolgu Fiyatı (YTL/kg)

P11 : İşgören Sayısı

CD_i : Çimento Dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)

CDG : Çimento Dolgu Makinası Kurulu Güç (kW)

EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)

CD_{am} : Çimento Dolgu Hattı Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)

CD_f : Çimento Dolgu Makinası Fiyatı (YTL)

4.2.12. Mum Dolgu

Mum dolgu, dekoratif amaçlı kullanılan mermerlerde genel yapıya uymayan renkleri yok etmede ve silik görünen renkleri ortaya çıkarmada kullanılan bir yöntemdir. Klasik fayans hatlarında yer almazken genelde Seçim masasına yakın, küçük masalar olarak uygulanırlar. Mum dolgu işgören, sarf ve mum maşasının ısıtma gideri (LPG veya elektrikli) ile ifade edilebilir;

$$M_g = \frac{M_{ig} + M_{LPG} + (M_{TÜ} \times M_{sarf})}{13500} \dots\dots\dots (4.59)$$

Burada;

$$M_{ig} = P12 \times M_i \dots\dots\dots (4.60)$$

$$M_{LPG} = LPG \times N \dots\dots\dots (4.61)$$

$$M_{sarf} = M_M \times \frac{M_F}{1000} \dots\dots\dots (4.62)$$

- M_g : Mum Dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)
 M_{ig} : Mum Dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
 M_{sarf} : Mum Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/m²)
 $M_{TÜ}$: Mum Dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m²/ay)
 M_M : Mum Dolgu Miktarı (gr/m²)
 M_F : Mum Dolgu Fiyatı (YTL/kg)
P12 : İşgören Sayısı
 M_i : Mum Dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
 M_{LPG} : Aylık LPG Gideri (YTL/ay)
LPG : Tüp Fiyatı (YTL)
N : Aylık Tüp Sarfı (adet/ay)

4.2.13. Seçim (Seleksiyon)

Seçim ünitesi, mermer işleme tesisinin en önemli ünitesidir. Bu üniteye işlenen doğal taşların özelliklerinden ve pazardaki müşteri talebinden iyi anlayan, bilgili, sabırlı, tecrübeli işgörenler –genelde bayan işgörenler- çalışırlar. Seçim ünitesinde ışıklandırma, süre, ısıtma-havalandırma gibi şartlar çok önemlidir. Dış cephede kullanılacak bir mermerin seçimi fabrika içerisinde floresan ışığı altında yapılırsa çok farklı sonuçlar doğabilir. Güneş ışığı altında görülecek renk ve dokular, floresan ışığında görülmeyebilir, ya da floresan ışığında güzel görünen taşlar, doğal ışıkta farklı tonda görünerek beğenilmeyebilir. Ayrıca seçim için yeterli süre ve seçen işgören için ses ve ısınma sorunları da çözülmüş olmalıdır.

Seçim masasının tek gideri işgören gideridir. Aydınlatma ve ısınma fabrika genel giderleri içerisinde değerlendirilmiştir.

$$S_g = \frac{P13 \times S_i}{13500} \dots\dots\dots (4.63)$$

Burada,

S_g : Seçim Masası Giderleri (YTL/dakika)

P13 : Seçim Masası İşgören Sayısı

S_i : Seçim Masası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)

4.2.14. Ambalaj

Ambalaj ünitesi, ürün kalitesi açısından en önemli bölümlerden birisidir. İçerisindeki ürün ne kadar özenle seçilmiş, kesilmiş, parlatılmış olursa olsun ambalajı iyi olmayan bir ürün uluslararası pazarda hak ettiği değeri bulamayacaktır. Ambalaj, taşıdığı ürünün özelliklerine göre sağlam, kolay açılır-kapanır, içindeki hakkında bilgi veren ve ucuz olmalıdır. Ambalaj ünitesi ile ilgili giderler, işgören ve ambalaj sarfı ile ilgilidir;

$$A_g = \frac{(A_t \times A_{TÜ}) + (A_i \times P14)}{13500} \dots\dots\dots (4.64)$$

Burada;

- A_g : Ambalaj Ünitesi Giderleri (YTL/dakika)
 $A_{TÜ}$: Ambalajlanan Toplam Miktar ($m^2/$ ay)
 A_t : Ambalaj Türüne Göre Birim Maliyet (YTL/ m^2)
 A_i : Ambalaj İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
 $P14$: İşgören Sayısı

4.2.15. Su Arıtma

Doğal taşlar ile ilgili işlem yapılan işletmelerde en önemli işletme parametrelerinin başında su ihtiyacı gelmektedir. Taşların kesilmesi ve parlatılması sırasında büyük oranda suya ihtiyaç vardır. Sadece katraş makinasının bir dakikadaki su ihtiyacı yarım ton civarındandır. Bu nedenle tüm ihtiyacın kaynaktan karşılanması mümkün olmadığı için suyun yeniden kullanılması gündeme gelir. Suyun yeniden kullanımı için su arıtma tesisleri kullanılır. Su arıtma tesisleri, sürekli çalışır durumda ve faal olmaları gerektiği için bakım ve kontrollerinin iyi olması gerekmektedir. Su arıtma tesisleri elektrik, işgören, sarf ve aşınma payı giderleri ile değerlendirilebilirler. Su gideri her makinada ayrı ayrı gösterildiği için burada tekrar olmaması için ifade edilmeyecektir.

$$SAG = SAe + \left(\frac{SAig + SAsarf + SAam}{13500} \right) \dots\dots\dots (4.65)$$

Burada;

$$SAig = P15 \times SAi \dots\dots\dots (4.66)$$

$$SAe = \frac{SAG \times 1,3 \times EF}{60} \dots\dots\dots (4.67)$$

$$SAam = \frac{SAf}{(6 \times 12)} \dots\dots\dots (4.68)$$

- SA_g : Su Arıtma Tesisi ile İlgili Giderler (YTL/dakika)
 SA_{ig} : Su Arıtma Tesisi İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)
 $P15$: İşgören Sayısı
 SA_i : Su Arıtma Tesisi İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)
 SA_e : Su Arıtma Tesisi Elektrik Gideri (YTL/dakika)
 SAG : Su Arıtma Tesisi Kurulu Güç (kW)
 EF : Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)
 SA_{sarf} : Su Arıtma Sarf Gideri (YTL/ay)
 SA_{am} : Su Arıtma Tesisi Aşınma Payı Bedeli (YTL/ay)
 SA_f : Su Arıtma Tesisi Fiyatı (YTL)

4.2.16. Genel Giderler

Mermer işleme tesislerindeki makina parkı ve İşgören ile ilgili giderlerin yanında, bu üretim sistemini tam olarak ifade edebilmek için atölye, yemekhane, idare gibi geriye kalan gider kalemlerini de incelememiz gerekmektedir. Bu nedenle bu giderleri genel giderler başlığı altında toplayarak eşitlik (4.69)'da verildiği gibi açıklayabiliriz;

$$GG = \frac{GA + GY + Gİ}{13500} \dots\dots\dots (4.69)$$

Burada;

- GG : Genel Giderler (YTL/dakika)
 GA : Atölye Giderleri (YTL/ay)
 GY : Yemekhane Giderleri (YTL/ay)
 $Gİ$: İdari Giderler (YTL/ay)

$$GA = GA_{ig} + GA_{sarf} + GA_{am} + GA_{si} \dots\dots\dots (4.70)$$

$$GA_{ig} = P16 \times GA_i \dots\dots\dots (4.71)$$

$$GA_{am} = \frac{GA_{iy}}{(12 \times 40)} \dots\dots\dots (4.72)$$

GA_{ig} : Atölye İşgören Giderleri (YTL/ay)

GA_i : Atölye Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)

$P16$: Atölye İşgören Sayısı

GA_{sarf} : Atölye Sarf Giderleri (YTL/ay)

GA_{am} : Atölye Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)

GA_{iy} : Atölye İlk Yatırım Bedeli (YTL)

GA_{si} : Makina Parkı Sigorta Gideri (YTL/ay)

$$GY = GYig + GYsarf + GYam + GYia \dots\dots\dots (4.73)$$

$$GYig = P17 \times GYi \dots\dots\dots (4.74)$$

$$GYam = \frac{GYiy}{(10 \times 12)} \dots\dots\dots (4.75)$$

$GYig$: Yemekhane İşgören Giderleri (YTL/ay)

GY_i : Yemekhane Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)

$P17$: Yemekhane İşgören Sayısı

GY_{sarf} : Yemekhane Sarf Giderleri (YTL/ay)

GY_{am} : Yemekhane Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)

GY_{iy} : Yemekhane İlk Yatırım Bedeli (YTL)

GY_{ia} : Yemekhane İaşe Gideri (YTL/ay)

$$G\dot{I} = G\dot{I}_i + G\dot{I}_{sarf} + G\dot{I}_{am} + G\dot{I}_{kr} \dots\dots\dots (4.76)$$

$$G\dot{I}_{ig} = P18 \times G\dot{I}_i \dots\dots\dots (4.77)$$

$$G\dot{I}_{am} = \frac{G\dot{I}_{iy}}{(12 \times 40)} \dots\dots\dots (4.78)$$

$G\dot{I}_i$: İdare İşgören Giderleri (YTL/ay)

$G\dot{I}_{ig}$: İdare Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)

$P18$: İdare İşgören Sayısı

$G\dot{I}_{sarf}$: İdare Sarf Giderleri (YTL/ay)

$G\dot{I}_{am}$: İdare Aşınma Payı Gideri (YTL/ay)

$G\dot{I}_{iy}$: İdare İlk Yatırım Bedeli (YTL)

$G\dot{I}_{kr}$: İdare Kırtasiye Gideri (YTL/ay)

4.2.17. Kalite Maliyetleri

Önceki bölümlerde ifade edildiği gibi kalite maliyetleri üç başlık altında ele alınmaktadır; Üretim öncesi hazırlıkları ve eğitim süreçlerini kapsayan önleme maliyetleri, üretim sırasında yapılan kontrol ve diğer maliyetleri içine alan değerlendirme maliyetleri ve ürün üretildikten sonra kalite standartlarına uygun olmadığı için ürün olarak değerlendirilemeyenlerin maliyetlerini kapsayan başarısızlık maliyetleri, bu üç grubu oluşturmaktadır. Mermer işleme tesisleri için kalite maliyetleri ve ayrıntıları eşitlik (4.79)'da verildiği gibi ifade edilebilir;

$$KalMal = \frac{(KM_{\dot{O}} + KM_D + KM_B)}{13500} \dots\dots\dots (4.79)$$

Burada;

KalMal: Kalite Maliyetleri (YTL/dakika)

$KM_{\dot{O}}$: Önleme Maliyetleri (YTL/ay)

KM_D : Değerlendirme Maliyeti (YTL/ay)

KM_B : Başarısızlık Maliyeti (YTL/ay)

$$KM_{\dot{O}} = MT + YU + YS + TA + TE + BS + SS + BH + S\dot{I} + D\dot{I} + A\dot{I} + T\dot{I} \dots\dots\dots (4.80)$$

MT : Müşteri Talebini Tespit Maliyeti (YTL/ay)

YU : Yeni Ürün Tasarlama Maliyeti (YTL/ay)

YS : Yeni Sistem Tasarlama Maliyeti (YTL/ay)

TA : Tedarikçi Arama Maliyeti (YTL/ay)

TE : Tedarikçi Eğitim Maliyeti (YTL/ay)

BS : Blok Seçen İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)

SS : Stoktan Taş Seçen İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)

- BH :Blok Hazırlık İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
 Sİ :Seçim İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
 Dİ :Dolgu İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
 Aİ :Ambalaj İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)
 Tİ :Test Kontrol İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)

$$KM_D = TSM + BNM + BSM + BHM + KHS + KHM + KHT + SM + EKM + TUM + FM + FİM + AJM + KAM + GM \dots\dots\dots (4.81)$$

- TSM :Taş Seçme Maliyeti (YTL/ay)
 BNM :Blok Nakil Maliyeti (YTL/ay)
 BSM :Blok Seçimi İşgören Maliyeti (YTL/ay)
 BHM :Blok Hazırlık İşgören Maliyeti (YTL/ay)
 KHS :Kesim Hattı Seçim İşgören Maliyeti (YTL/ay)
 KHM : Kesim Hattı Kontrol İşgören Maliyeti (YTL/ay)
 KHT :Kesim Hattı Test Maliyeti (YTL/ay)
 SM :Seçim Masası İşgören Maliyeti (YTL/ay)
 EKM :Reçine dolgu Kalite Test Maliyeti (YTL/ay)
 TUM :Teşhir Amaçlı Ürün Maliyeti (YTL/ay)
 FM :Fuar Kira Maliyeti (YTL/ay)
 FİM :Fuar İşgören Maliyeti (YTL/ay)
 AJM :Ambalaj Maliyeti (YTL/ay)
 KAM :Müşteri Karşılama Konaklama Maliyeti (YTL/ay)
 GM :Garanti Maliyeti (YTL/ay)

$$KM_B = KM_2 + KM_3 + KMİ \dots\dots\dots (4.82)$$

- KM2 : 2.Kaliteye Ayrılan Ürün Maliyeti (YTL/ay)
 KM3 : 3.Kaliteye Ayrılan Ürün Maliyeti (YTL/ay)
 KMİ : Sevkiyat Sonrası İade Edilen Ürün Maliyet (YTL/ay)

4.2.18 Üretim Sisteminin Geneli ile ilgili Eşitlikler

Üretim sisteminde hangi ürün tipi seçilecek ise o ürüne uygun makina ve işlem basamakları işletilerek oluşacak maliyetleri hesaplamak mümkün olacaktır. Her ürüne göre işlem adımları ve durakları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu çizelgeye uygun olarak seçilecek bir ürün tipi için hangi giderin oluşacağını hesaplamak mümkün olacaktır.

Burada önemli olan bu işlem adımlarında geçen süre ve oluşabilecek firelerin belirlenmesidir. Her işletme koşulunda, makina ve işgören tipinde farklı değer alacak çalışma zamanı ve fire bilgileri de sisteme girildiğinde sistem tamamlanmış olacaktır. Fire bilgisi maliyete üretim süresi artırılarak yansıtılmıştır. Buna göre;

$$TM = BM \times \left(\text{ÜS} + \left(\text{ÜS} \times \frac{F}{100} \right) \right) \dots\dots\dots (4.83)$$

Burada;

TM : Toplam Maliyet (YTL)

BM : Birim Maliyet (YTL/dakika)

ÜS : Üretim Süresi (dakika)

F : Fire (%)

Seçilen ürün tipine göre birim maliyetler Çizelge 4.1’de verilen sıraya göre hesaplanır. Her bir adımda hangi gider kaleminin ne düzeyde değişeceği yukarıdaki bölümde verilen eşitlikler sayesinde hesaplanır. Bu durumda maliyet sistemi;

$$\text{SistemMaliyeti} = \text{Nakliye} + \sum_{n=1}^{n=m} \text{BirimMaliyet} \times (\text{süre} + \text{firesüre}) \dots\dots\dots (4.84)$$

Şeklinde ifade edilir. Burada n=1,...,m değeri seçilen ürün tipine göre akım şemasında verilen makina ve işlem duraklarını göstermektedir. Birim maliyetler daha önce de açıklandığı gibi ölçüm kolaylığı açısından YTL/dakika olarak ölçülmüş ve fireler de bu

sürelere yapılan eklemeler olarak değerlendirilmiştir. Bu durumda bir üretimin kaç dakika sürdüğü ölçülerek maliyeti bulunmaktadır.

Mermer işleme tesisleri incelenerek ürün ve doğal taş sayıları hakkında bilgi edinilmiş ve doğal taş için 5 çeşit, ürün için de 7 ayrı ürün üzerinden hesaplama yapılacağı belirtilmişti. Bu durumda üretim süreci ve dolayısıyla maliyeti farklı 35 ayrı üründen oluşan bir sistemden bahsedilmektedir. (Yukarıdaki eşitliklerin her bir doğal taş için çalıştırılması durumu). Bu sayede oluşan maliyet fonksiyonu içerisinde kalite maliyetlerini de ayrılmış olarak barındırmaktadır.

Bu sistem denklemini basitleştirerek yeniden gösterirsek;

$$Maliyet = \sum_{t=1}^5 \sum_{u=1}^7 M_{t,u} \times X_{t,u} \dots\dots\dots(4.85)$$

Olarak elde edilir.

Burada M maliyet katsayılarını (simgelediği ürünün maliyeti (YTL/m²); X ise üretim miktarlarını (m²) vermektedir. Eniyileme hedefi ise maliyeti en az yapan üretim değerlerini (X) bulmaktır. Hangi üründen ne miktarda üretilirse en düşük maliyet değeri elde edilir.

Mermer işleme tesisleri için sadece kalite maliyetlerini göz önüne alarak bir eniyileme yapılacak olursa oluşturulacak model eşitliği eşitlik (4.87)'de verildiği gibi olacaktır;

$$Kalite _ maliyeti = \sum_{t=1}^5 \sum_{u=1}^7 K_{t,u} \times X_{t,u} \dots\dots\dots(4.86)$$

Burada

K: Birim kalite maliyetini (YTL/m²),

X: Üretilecek m² miktarını göstermektedir.

Beş ayrı taş ve yedi ayrı ürün için 35 ayrı seçenekteki ürün farklılığında hangi taştan, hangi üründen ne miktarda üretim yapılırsa kalite maliyetlerinin en az olacağıın bulunması üzerine kurulmuş bir modeldir. Kalite maliyetleri, genel maliyetlerin %10-30 gibi bir bölümünü kapsadığı için sadece kalite maliyetlerini göz önüne alan bir üretim planlaması yapmak doğru sonuçlar vermeyebilir. Bu nedenle yukarıdaki bölümlerde açıklanan genel üretim maliyetleri üzerinden yapılacak bir modelleme ve eniyileme de kalite maliyet eniyilemesini destekler nitelikte yapılmasında yarar olacaktır.

Model eşitlikleri elde edildikten sonra modelin ait olduğu üretim sisteminin kendi özel şartlarını da modele katabilmek için bazı kısıtlamaların model, içerisine yerleştirilmesi gerekmektedir. Modelleri oluşturan değişkenler ile ve üretim sistemini daha iyi karakterize etmeye yardımcı olacak kısıtlamalar aşağıdaki bölümlerde incelenmiştir.

4.3. Kısıtlar

Bir önceki bölümde eşitlikler halinde ifade edilen mermer işleme tesisi üretim sistemi amaç fonksiyonunun eniyilemeye tabi tutulabilmesi için sistemi oluşturan parametreler ile ilgili olarak bir takım kısıtlamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kısıtlar, üretim sistemi sırasında makina, işgören, malzeme ya da pazar özellikleri gibi gerçekte var olan ve işletmenin çalışma şeklini biçimlendiren kısıtlamalardır. Bu nedenden dolayı da matematiksel olarak ifade edilen üretim sistemi ifadesine eklenmeleri gerekmektedir.

Mermer işleme tesisleri için kısıtlar; stok sahası kapasite alt sınırı, stok sahası kapasite üst sınırı, katrak hattı kapasite sınırı, ST hattı kapasite sınırı, Fayans hattı kapasite sınırı, işgören brüt ücret alt sınırı, elektrik ve su birim fiyatı alt sınırı, tahmini pazar talep miktarı, çalışma süresi alt ve üst sınırları, su ve elektrik kullanımının dağılımı ile ilgili sınırlamalar, makina kapasite sınırlamaları gibi kısıtlardır. Takip eden bölümlerde bu kısıtlar açıklanacaktır.

4.3.1. Stok Sahası Kapasite Kısıtı

Mermer işleme tesislerinde ocaktan gelen blokların üretim aşamasına geçmeden önce bekledikleri yer, blok stok sahasıdır. Blok stok sahasının bir üst sınırı olduğu gibi bir de alt sınırı olmalıdır. Yani üretim belli bir değere ulaşmış stok sahasındaki blokların miktarı, bir sonraki talep için kritik miktara yaklaştığında tedarikçiler devreye girmeli ve stok sahasındaki blokların sayısı hiçbir zaman bitmemeli, kritik değerlerin altına inmemelidir. Doğal taş sektöründe rekabet ve kaynakların kısıtlı olmasından kaynaklanan bir hammadde ihtiyacı sıkıntısı bulunmaktadır. Bu nedenle hammadde tedarik işlemleri üretim talebi olduğu zaman değil, zamana yayılmış bir planlama ile her zaman yapılmalıdır. Burada amaç stok sahasında her zaman belli bir miktar blok bulundurmaktır, ancak stok sahası giderlerini artıracak bir yatırımdan da kaçınmaktır.

4.3.2. Kapasite Kısıtları

Her kesim hattı ve her makina, kendi kapasitesinin en azından % 80-90 değerinde çalıştırılmalıdır. Hiçbir yatırım ve hiçbir fabrika atıl durumda bekletilsin, çalıştırılmasın düşüncesiyle kurulmayacağı için sistem değerlendirilirken tam kapasite olmasa bile belli bir kapasitede sürekli olarak çalıştırıldığı düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır. Bu ise eniyileme işlemlerine kapasite alt sınır değeri olarak önemli bir kısıt şeklinde yansıtılmıştır.

4.3.3. Kesim Hattı Kapasite Kısıtları

Mermer işleme tesislerinde genelde iki kesim hattı bulunur. Bunlardan birincisi katrik, diğeri ise ST hatlardır. Kesim hatlarında takip eden ünitelerdeki makinaların kapasiteleri ne olursa olsun başlangıç kesim makinalarının yani katrik ve ST nin kesim kapasitelerine uymak zorundadırlar. Örnek vermek gerekirse katriktan gelen levhaları işlemek için çalışan köprü kesme makinasının kapasitesi ne olursa olsun katrik kapasitesi ile bağımlı çalışmak zorunda olduğundan aslında bu hattın kapasitesi katrik kapasitesine bağlıdır. Aynı şekilde, yarma makinasının kapasitesi ne olursa olsun ST kapasitesi ile bağımlı çalışmak zorundadır.

Bu nedenle kesim hatlarının, hat başlarındaki makina kapasiteleri alt ve üst sınırları ile ilgili kısıtlamaları bulunmaktadır. Bir kesim hattının genel kapasitesi, hat başındaki makina kapasitesini geçemez. Bu değerlendirme, sisteme bir üst sınır kısıtı olarak yansıtılmıştır.

4.3.4. Birim Ücretler Alt Sınırı

İşletmelerde bazı üretim ve maliyet parametreleri vardır ki üreticiler tarafından belirlenmezler ve değiştirilemezler. Bu tip ücret ve fiyatlar, sistemde kısıt olarak gösterilir. Bu değerler; işletmelerin dışındaki kurumlar tarafından belirlenen elektrik ve suyun birim fiyatı veya işgören brüt ücreti, asgari ücreti değişkenlerdir. Bu değişkenler sistemde ilan edilen değerlerin altında gösterilemeyecek kısıtlardır.

4.3.5. Tahmini Pazar Talebi Alt Sınırı

Mermer işleme tesisleri, pazardan talep edilen bir ürünün hazırlanması, ambalajlanması ve nakliyesi için büyük zaman dilimlerine ihtiyaç duyarlar. Pazardaki bazı müşterileri ise zamandan kazanmak için talep ettikleri ürün hangi üreticinin stoklarında var ise o üreticiyi tercih etme yoluna giderler. Bu nedenle kimi üreticiler, bu tip müşterilerin taleplerini karşılayabilmek için geçmişteki deneyimlerinden de yararlanarak daha müşteri talep etmeden belli taşlardan ve belli ürünlerden üretim yaparlar, daha sonra müşteri ararlar.

Üretim sürecinde, pazardan gelecek talebi iyi anlayan, iyi tahmin yapan ya da elinde her zaman kabul görece kadar iyi kalitede taşta sahip üreticilerin yaptıkları bu yöntem de bir başka kısıt olarak sisteme eklenmiştir. Böylece sistem hesaplama yaparken bazı ürünlerden mutlaka bir miktar üretilmesi gerektiği gerçeğini de dikkate alacaktır.

Modeli, kısıtları ile birlikte bir bütün olarak yazacak olursak;

$$\text{Minimum}(Kalite_maliyeti) = \sum_{t=1}^5 \sum_{u=1}^7 K_{t,u} \times X_{t,u} \dots\dots\dots (4.87)$$

$$\sum K\ddot{U} \leq KHK \dots\dots\dots (4.88)$$

$$\sum ST\ddot{U} \leq STHK \dots\dots\dots (4.89)$$

$$B\ddot{U} \geq Y\ddot{U}FAS \dots\dots\dots (4.90)$$

$$\ddot{U}AS \geq TPT \dots\dots\dots (4.91)$$

$$SBM \geq KAS \dots\dots\dots (4.92)$$

Burada,

K \ddot{U} :Katrak \ddot{U} r \ddot{u} nleri	Y \ddot{U} FAS:Yasal \ddot{U} cret ve Fiyat Alt Sınırı
KHK :Katrak Hattı Kapasitesi	\ddot{U} AS : \ddot{U} retim Alt Sınırı
ST \ddot{U} :ST \ddot{U} r \ddot{u} nleri	TPT :Tahmini Pazar Talebi
STHK :ST Hattı Kapasitesi	SBM :Stok Sahası Blok Miktarı
B \ddot{U} :Birim \ddot{U} cretler	KAS :Kapasite Alt Sınırı

4.4. Sistemin Kontrol Altında Olup Olmama Durumu

Yukarıdaki bölümde eşitlik (4.87) de verilen modelin mermer işleme tesislerinin maliyet modeli olarak uygulanması sırasında üretim sisteminin kontrol altında olup olmadığının analiz edilebilmesi için kullanılacak yöntemlerden birisi olarak Montgomery-Klatt maliyet modeli uygulaması yapılabilir. Modelin ayrıntıları Bölüm 2'de 2.9.1. *Montgomery-Klatt Modeli* başlığı altında incelenmiştir. Model ile ilgili olarak üretim sisteminden belirli aralıklar ile numuneler alınarak (2.31) ve (2.32) eşitliklerinde verilen değerler yerlerinde kullanılıp hesaplandığında eniyileme işleminin yapıldığı üretim sisteminin kontrol altında olup olmadığı durumu incelenebilir.

Sistemin kontrol altında olup olmadığının incelenmesi ve kontrol altında iken ve kontrol dışı iken birim maliyetlerin ve kalite maliyetlerinin belirlenebilmesinin ardından kontrol altında olduğu sonucu çıkar ise o andaki maliyet değerleri kontrol altındaki

maliyet değerlerini verecektir. Kontrol dışı gibi bir sonuç çıkar ise bu durumda o andaki maliyet ve kalite maliyet değerleri yine kontrol dışı durum için maliyet değerlerini verecektir. Bu değerler ancak üretim sistemi üzerinde yapılacak çalışmalar ve uygulamalar sonucunda her durum için özel olarak hesaplanabilir. Üretim sistemi için bu kontrole yardımcı olmak amacıyla geliştirilen yazılıma bu kontrol aracı eklenmiştir.

4.5. Modelin Çözümü ve Eniyileme Sonucu

Ortaya konulan model 6.Bölüm’de tanıtılacak olan bilgisayar yazılımı ile $t=3$, $u=6$ değerleri için çözüldüğünde x değerleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir.

K_{tu}	$t=1$	$t=2$	$t=3$
$u=1$	0,666	0,637	0,699
$u=2$	0,772	0,921	1,032
$u=3$	0,696	0,764	0,688
$u=4$	0,796	0,922	0,826
$u=5$	0,784	0,826	0,905
$u=6$	0,941	0,982	1,215

Bu durumda eniyileme modeli açık olarak yazılır ise,

$$\text{Min}Z=0,666*X_{11}+0,637*X_{12}+0,699*X_{13}+0,772*X_{21}+0,921*X_{22}+1,032*X_{23}+0,96*X_{31}+0,764*X_{32}+0,688*X_{33}+0,798*X_{41}+0,922*X_{42}+0,826*X_{43}+0,784*X_{51}+0,826*X_{52}+0,905*X_{53}+0,941*X_{61}+0,982*X_{62}+1,215*X_{63} \quad (4.93)$$

Model yazılım tarafından kapasitesi 18 bin m^2 olan bir mermer işleme tesisine uygulanarak çözüldüğünde aylık ortalama 198500 YTL olan toplam maliyetlerin 198200 YTL değerine gerilediği görülmektedir. Bu da 1 m^2 üretim başına yaklaşık 1 YTL iyileşme anlamına gelmektedir. Bu sonuçlar 6.1.11. Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Eniyilemesi başlığı altında verilmiştir.

5. KALİTE MALİYETLERİNİN MUHASEBELEŞTİRİLMESİ

Bu bölümde, kalite maliyetlerini, klasik muhasebe sistemi kullanılarak kayıt altına almanın zorluğundan hareketle, mevcut muhasebe sisteminin olanaklarını kullanarak bir uygulama biçimi önerilmiş ve kalite giderlerinin ayrıntılı olarak muhasebe sistemi içerisinde izlenmesine yardımcı olacak bir yapı ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Muhasebe, belirlenmiş kalite maliyet unsurlarının verilerini güvenilir ve tam olarak sağlamak ile yükümlüdür. Bu maliyet unsurları ya üretim faaliyetleri sonucunda işletme içinden, ya da iadeler, garanti ödemeleri, müşteri şikayetleri gibi nedenlerle piyasadan kaynaklanır. Bu maliyet bilgilerinin büyük bir bölümü mevcut muhasebe sistemlerinin içinde olduğundan, yeni verilere ihtiyaç yoktur. Burada önemli olan bu maliyet bilgilerinin klasik muhasebe sistemi içerisinde çıkarılıp yeniden sınıflandırılmasındadır (Özenci ve Cumbul, 1993).

İşletme yöneticilerinin, daha etkili kararlar alabilmek için, işletmede gerçekleşen harcamaların nerelerden kaynaklandığını çok iyi tespit edip, oluşabilecek artış ve azalışlara anında müdahale ederek, rakiplerinden bir adım önde olabilmeleri için muhasebeye ve onun alt sistemlerine eskisinden daha çok önem vermeleri gerekmektedir. İşletmenin her fonksiyonunda ortaya çıkabilen kalite harcamalarının belirlenmesi, muhasebenin ilgi alanı içindedir. Ayrıca yapılan harcamaların mamul kalitesine katkısının olup olmadığının bilinmesi, katkısı varsa işletme maliyetlerini ne kadar artıracığının bilinmesi ve kalite ile ilgili harcamaların yasal olarak muhasebe sürecine eklenmesi, karar alma durumunda olanlar için çok önemlidir.

Kalite maliyetlerinin, muhasebeleştirilmesi, analizi ve raporlanmasını ülkemizde yürürlükte bulunan Muhasebe Sistemi Uygulama Tebliğinden ayrı düşünmek mümkün değildir. Tebliğler incelendiğinde 7.grupta yer alan maliyet hesaplarının hem de diğer hesapların kalite maliyetlerinin ölçümüne ilişkin bir özellik içermediği görülmektedir. Ancak 2. nolu tebliğde (Anon (a), 2004), boş bırakılmış üçlü hesap numaralarının işletmelerce ihtiyaca göre kullanılabileceğine ilişkin açıklamaların bulunması, somut bir

hesap ismi, planda yer almasa bile boş bırakılan hesap numaralarının ihtiyaca göre kalite maliyetlerinin ölçümüne ilişkin hesapların açılmasında kullanılabilir olması, bu sorunu büyük ölçüde gidermektedir. 1 nolu tebliğde (Anon (a), 2004) yer alan hesap planı hazırlanırken, gelecekte kalite maliyetleri ile ilgili ölçüm ve raporlamada kullanılması düşünülmemiştir.

Mevcut hesap planında boş bırakılmış üçlü hesap numaralarına, ihtiyaca göre kalite maliyetlerine ilişkin hesap isimleri vererek hesap planına ekleme yapmak yoluyla kalite maliyetleri ölçülebilir.

Yapısı nedeniyle kalite maliyetleri ölçülebilir (somut) ve ölçülemeyen (soyut) kalite maliyetleri olarak ayrılırlar (Çankaya, 1999). Somut kalite maliyetlerinin bir çoğu diğer maliyetler ile iç içe olsa da muhasebe sistemi içinde bulunmaktadır. Yapılacak dikkatli bir ayırım ve analiz işlemi sonucunda ölçülebilir kalite maliyetleri belirlenip raporlanacak hale getirilebilir. Ölçülemeyen kalite maliyetleri çeşitli tahmin yöntemi kullanılarak hesaplanıp oluşturulacak kalite maliyet raporlarına eklenebilir.

Kalite maliyetlerinin izlenmesi için;

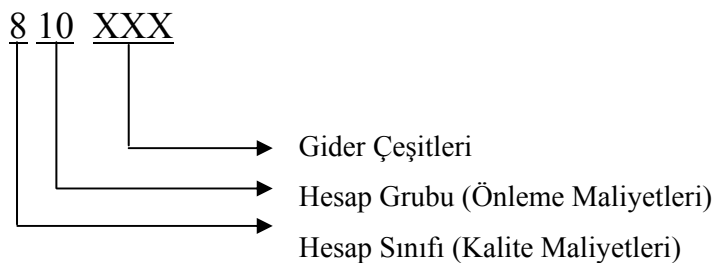
- a) İşletme muhasebe sisteminden bağımsız bir sistem kurulabilir,
- b) Var olan muhasebe sistemi içerisinde bir düzenleme yapılarak izlenebilir,
- c) Hem bağımsız ve hem de muhasebe sistemi içinden birlikte izlenmesi

Seçenekleri bulunmaktadır (Çankaya, 1999).

Kalite maliyetlerinin işletmenin muhasebe sisteminden tamamen bağımsız olarak izlenmesi seçeneği, kalite maliyetlerinin mevcut muhasebe sisteminden bağımsız olarak çalışan personel tarafından izlenmesi anlamına gelmektedir. Tespitler esnasında muhasebe bilgilerinde de yaralanılabilir, ancak bu yararlanma tamamen bağımsız olarak yapılmaktadır. Böyle bir uygulama işletmede personel ve kırtasiye masraflarının gereğinden fazla artmasına, verilerin izlenmesinde ve değerlendirilmesinde sorunlarla karşılaşılmasına ve zaman kaybına neden olmaktadır.

Kalite maliyetlerinin var olan muhasebe sistemi içerisinde izlenmesi seçeneğine, kalite maliyetlerinin muhasebe kayıtlarından doğrudan hesaplanması işlemine mevcut Tekdüzen Muhasebe Sistemi (TMS) imkan vermemektedir. Bu nedenle mevcut hesap planında bir takım düzenlemeler yapılarak planın kalite konusunda gerekli verileri sağlayabilecek hale getirilmesi gerekmektedir. Kalite maliyetlerinin hem var olan sistem içinden ve hem de yeni kurulacak bir kayıt sistemi içerisinde dışarıdan izlenmesi, yani bir ve iki nolu seçeneklerin birlikte uygulanması, var olan muhasebe sistemlerinin yakalayamadığı soyut kalite maliyetlerini kayıt altına alabilmek için önerilmiş bir sistemdir. Ancak bu sistem ek personel, bilgi birikimi ve tecrübenin yanı sıra mesai de gerektirmektedir.

Seçenekler içerisinde bulunan var olan muhasebe sistemi içerisinde düzenleme yapma (b) seçeneğine dönecek olursak, muhasebe sistemi uygulama genel tebliğinde 8 nolu hesap sınıfı, uygulayıcıların ihtiyaçları için serbest bırakılmıştır (Üstünel, 1993). Bu durumda tüm tekdüzen hesap planını kalite maliyetlerinin muhasebeleştirilmesi için tümünden değiştirmek yerine kendisi içinde sunulan bu kolaylıktan faydalanarak boş bırakılan bu hesap sınıfı içinde kalite maliyetlerine uygun bir sınıf tanımlanabilir (Üstün, 1996). Bu görüşe göre yalnızca kalite maliyetlerine ait kayıt düzeni aşağıda verilmektedir. Hesap planı oluşturulurken, hesapların kodlanması bilgisayarlı muhasebe sistemine göre kodlanmış ve basamak sayısı bu sisteme göre ayarlanmıştır. Bu sisteme göre ana hesap numarasından sonra birinci kod ile gider çeşitleri, ikinci kod ile gider yerleri esas alınarak kodlanmaktadır (Çankaya, 1999; Kutlu, 2002).



Üstün, önerisinde gider yerlerini gösteren basamağı 2 ile sınırlamıştır (Üstün, 1996), ancak mermer işleme tesislerinin özellikleri düşünüldüğünde gider yerlerinin

çeşitliliği açısından bu sayının 3 olmasında fayda olacaktır bu nedenle Çankaya'nın önerisi burada kullanılmıştır (Çankaya, 1999) ve son basamak 3 olarak değiştirilmiştir.

Tasarlanacak hesap planında ihtiyaca göre daha fazla sayıda alt hesap kullanılabilir. Asıl amaç, kalite maliyetlerini ayrı bir hesap grubunda toplamak ve muhasebe kayıtları yardımıyla bu maliyetlerin hareketlerini takip etmektir. Bir maliyetin kalite maliyeti olup olmadığının belirlenmesi kolay bir işlem değildir ve bu işlem için daha önceki bölümde önerilen şema (Şekil 2.2.) kullanılabilir. Bu yol ile maliyetler, oluşturulacak olan 8'li hesap numaraları içerisinde uygun yerinde gösterilir. Alt birimler ise aşağıdaki gibi ayrıntılandırılabilir;

Bu tür bir düzenleme hesap numaraları açısından şu şekilde yapılabilir;

8	ANA HESAP
8XX	Yardımcı Hesap
8XX XXX	Alt Yardımcı Hesap

Burada verilen ayrıntı hesaplarına ekleme yapılabileceği gibi işletmeden işletmeye değişen koşullar neticesinde yeni hesap tanımlamalarına da gidilebilir. Bu arada bir nokta unutulmamalıdır ki, kalite maliyeti gideri olarak tespit edilen giderler, 8 numaralı ana hesaptaki alt hesaplardan birinin borcuna (gider çeşitleri, gider yerleri ve gider türleri itibarıyla) yazılırlar; ancak, hesapların kapatılması için bilanço mantığı içerisinde belirli hesap kalemlerinde yansıtma hesapları alacaklı gösterilmelidir. Genellikle Kalite Maliyeti Gider Hesabını kapatmak için, Araştırma Geliştirme Gid. Yansıtma Hesabı, Pazar.Satış. Dağ. Giderleri Yansıtma Hesabı, Genel Yönetim Giderleri Yansıtma Hesabı yada Maliyet Giderleri Karşılığı Hesabı alacaklı gösterilir (Kutlu, 2002). Tüm üretim süreci boyunca ortaya çıkacak kalite maliyetleri, yukarıdaki bölümlerde açıklanan muhasebe adlandırma sistemine uygun olarak Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1.Kalite Maliyet Hesabının Ayrıntılandırılması

8	KALİTE MALİYETLERİ HESABI
10	ÖNLEME
001	Müşteri talep tespit maliyeti
002	Yeni ürün tasarlama maliyeti
003	Yeni sistem tasarlama maliyeti
004	Tedarikçi arama maliyeti
005	Tedarikçi eğitimi maliyeti
006	Ocaktan taş seçen işgören eğitimi maliyeti
007	Stoktan taş seçen işgören eğitimi maliyeti
008	Blok hazırlık işgören eğitimi maliyeti
009	Seleksiyon işgören eğitimi maliyeti
010	Dolgu işgören eğitimi maliyeti
011	Ambalaj işgören eğitimi maliyeti
012	Test-kontrol işgören eğitimi maliyeti
20	DEĞERLENDİRME
001	Hammadde seçim maliyeti
002	Blok nakil stok maliyeti
003	Blok seçim işgören maliyeti
004	Blok hazırlık işgören maliyeti
005	Kesim hattı seçimi maliyeti
006	Kesim hattı kontrolü maliyeti
007	Kesim hattı test numunesi maliyeti
008	Seleksiyon masası işgören maliyeti
009	Epoksi kalite test maliyeti
010	Teşhir amaçlı ürün maliyeti
011	Fuar maliyeti
012	Fuar işgören maliyeti
013	Ambalaj test maliyeti
014	Müşteri karşılama-konaklama maliyeti
015	Garanti maliyeti
30	BAŞARISIZLIK
	İÇ
001	2.kaliteye ayrılan ürün kayıp maliyeti
002	Fire maliyeti
	DIŞ
001	İade maliyeti
40	FAİZ
50	AMORTİSMAN
001	Amortisman maliyeti
60	FIRSAT
001	Fırsat maliyeti

6. MERMER İŞLEME TESİSLERİ İÇİN ÜRETİM KONTROLÜ VE ÜRETİM ENİYİLEMESİ YAPACAK BİLGİSAYAR YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ

6.1. Yazılımın Tanıtılması

Bu çalışma kapsamında yapılan inceleme sonucunda ortalama beş ayrı ocaktan blok alımı yapan ve her bir doğal taştan yedi ayrı ürün üretebilen bir mermer işleme tesisinde üretim ile ilgili parametrelerin sayısının yaklaşık olarak 2000 dolayında olduğu tespit edilmiştir. İşlenen doğal taş sayısı ve ürün tipi arttıkça, değişken sayısı da artacaktır. Sistem eşitliğine ulaşmak için bile kullanılan eşitliklerin sayısı 80 dolayındadır (Bölüm 4). Bu 80 eşitlikte bir değişkenin farklı değer alması tüm sistemin yeniden kurulup değerlendirilmesi anlamına gelmektedir. Bu nedenle yazılımı basitleştirmek için 3 ocak ve 5 ürün seçilmiş buna rağmen yazılımda 1375 adet değişken kullanılmıştır. Yazılım sayesinde bir mermer işleme tesisi, tüm değişkenleri ile bilgisayar ekranında olacak, kullanıcı istediği değişikliği kolayca yaparak sonucunu hemen görebilecektir.

Yazılım mermer işleme tesisi içerisindeki makina parkını, bu makinaların her türlü özelliklerini, üretim sistemine etki eden diğer parametreleri içerisine almaktadır. Kalite maliyetlerinin muhasebeleştirilmesini, üretim maliyetlerinin ayrıştırılmasını, yıpranma payları, ayrı ayrı hesaplayarak ekranda göstermektedir. Yazılım sayesinde LINGO ile bağlantı kurularak, sistemi yeniden kurmaya gerek kalmadan otomatik olarak eniyileme yapmak mümkün olmaktadır. Bu bölümde sözü edilen bilgisayar yazılımı hakkında ayrıntılı bilgi verilecektir.

6.1.1. Kullanılan Dil

Geliştirilen bilgisayar programının, bir mermer işleme tesisinde, ortalama öğretim düzeyine sahip işçörenler tarafından kullanılabilmesi için kolay kullanımlı olması gerektiği düşünölmüş ve nesne tabanlı bir derleyici olan MSVisualBasic6 derleyicisi kullanılarak geliştirilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında eniyileme işleminin kod yazılarak yapılması düşünlüm ve eniyileme algoritmaları üzerinde çalışılmış, doğrusal programlama ve simplex yöntem matris işlemlerinin yazılım içerisine yerleştirilmesi denenmiş, ancak sonuçta ortaya çıkacak olan sistem modelinin değişken sayısının 1000'den fazla olduğu görülünce bu düşünceden vazgeçilmiştir. Bu nedenle eniyileme işlemleri için geliştirilen ey iyi profesyonel yazılımlardan birisi olan LINGO 6 paket programı ile ilişki kurularak LINGO'nun olanaklarından faydalanma yoluna gidilmiştir.

LINGO, doğrusal veya doğrusal olmayan büyük problemlerin bağıntılarını çözmek ve sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan bilgisayar programıdır. Eniyileme bize en iyi sonuçları veren, en yüksek kar, üretim veya faydayı sağlayan ya da en düşük maliyet, artık veya olumsuzluğu bulmamıza yarayan bir yöntemler dizilimidir. LINGO, bu tip eniyileme problemlerini çözmek ve varolan kaynakların en uygun şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. LINGO'nun en güçlü özelliklerinden birisi matematiksel modelleme dilidir. LINGO'nun modelleme dili problemimizi doğal yöntemle açıklamamıza ve standart matematiksel notasyon ile ifade etmemize yarar (Lingo, 1999).

Bağlantı için yazılıma LINGO 6 standart klasörleri içerisinde gelen dört *.dll dosyası eklenerek bağlantı sağlanmıştır. LINGO yazılımı, bazı programların kendi kütüphanelerine erişerek işlem yapmalarına ve sonuçları kendi arayüzlerinde göstermelerine olanak sağlayan bir takım kütüphane ve bağlantı dosyaları ile bu hizmeti sunmaktadır.

Program 16 pencere, 1375 değişken, 14 adet modül, binlerce nesne içermektedir ve yaklaşık 6 bin satır kod yazılarak geliştirilmiştir. Kodların eklerde sunulması düşünölmüş ancak 130 sayfa tuttıkları görülünce bu düşünceden vazgeçilmiştir. Programın geliştirildiği platform P4 tabanlı ve 512 MB RAM hafızaya sahip bir bilgisayar olduğu için bu olanaklar sonuna kadar kullanılmıştır. Ancak farklı bilgisayarlarda deneme çalışmaları yapılınc program PIII tabanlı 224MB RAM hafızalı bir bilgisayarda çalışmamıştır. Bunun üzerine hafızaya yük bindiren algoritmalar kısıtlanarak ortalama bir PC için kullanılabilir hale getirilmiştir. Son hali ile Windows

tabanlı işletim sistemlerine sahip, minimum 128Mb RAM ve PIII işlemcili bilgisayarlarda çalıştırılarak çalışma hızında kayıplar olmasına karşın sağlıklı sonuçlar alınmıştır.

Yazılımın eniyileme kısmının çalışması için aynı bilgisayarda LINGO 6 yazılımın da kurulu olması gerekmektedir. Ayrıca yine aynı bilgisayarda LINGO yazılımı ile modelin oluşturulması ve model kodlarının text olarak bir dosyada kaydedilmiş olması gerekmektedir. Bilgisayar programı bu text dosyası ile bağlantı kurarak yeni girdiler getirmekte ve LINGO tarafında oluşturulan yeni sonuçları alarak kendi penceresinde göstermektedir.

6.1.2. Açılış Penceresi

Yazılım ilk çalıştırıldığında görünen açılış penceresi üzerinde Windows tabanlı programlarda olduğu gibi düğmeler, menü çubukları ve simgeler bulunmaktadır. Bu düğme ve komut menüleri ile diğer , başlangıçta bir açılış penceresi ile başlamaktadır ve bu pencere üzerindeki komut düğmeleri yada menüler kullanılarak diğer 15 pencereye ulaşılmaktadır. Açılış penceresi beş ayrı bölüm altından incelenebilir (Şekil 6.1). Bu bölümlerden birincisi menü komutlarının verildiği düğmelerden oluşan menü ve komut araç çubuğu bölümüdür. Bu bölüm Dosya, Taş Özellikleri, Makina Parkı, Maliyetler, Kalite Maliyetleri, Kalite Kontrol, Muhasebe ve Yardım menülerinden oluşmaktadır.

İkinci bölümde mermer türü (ocak seçimi) ve ürün tipi seçimine olanak veren açılır-kapanır pencereler bulunmaktadır. Açılıştaki burada “Ocak Seçiniz” ve “Ürün Seçiniz” uyarıları kullanıcıyı karşılamaktadır (Şekil 6.1). Bu bölümde ayrıca bu seçimlerin ardından üretimi yapılacak ürünün miktarının (m²) da girilebildiği metin kutusu bulunmaktadır. Ürün ve doğal taş seçiminden sonra üretilmek istenen miktar bu kutuya yazıldıktan sonra yanında bulunan ‘Tamam’ düğmesi ile işlem başlatılmaktadır.

MERMER İŞLEME TESİSLERİNDE KALİTE MALİYETLERİNE BAĞLI ÜRETİM OPTİMİZASYONU

DOSYA İAŞ ÖZELLİKLERİ MAKİNA PARKI MALİYETLER KALİTE MALİYETLERİ KALİTE KONTROL MUHASEBE YARDIM

OCAK SEÇİNİZ MİKTAR GİRİNİZ (m2)

ÜRÜN SEÇİNİZ

MALİYETLER (YTL)

ELEKTRİK

SU

İŞGÖREN

MALZEME-SARF

26.02.2005 00:46:37

KALİTE MALİYETLERİ (YTL)

ÖNLEME

DEĞERLENDİRME

BAŞARISIZLIK

YIPRANMA PAYI

KALİTE TOPLAM

TOPLAM MALİYET (YTL)

DIŞ VINÇ

KATRAK

SU ARITMA

KÖPRÜ KESME

ATÖLYE

LEVHA CİLA

YEMEKHANE

S/I

FAYANS HATTI

BAŞ KESME

EPOKSİ

YARMA

MUM DOLGU

SELEKSİYON

AMBALAJ

İDARİ BINA

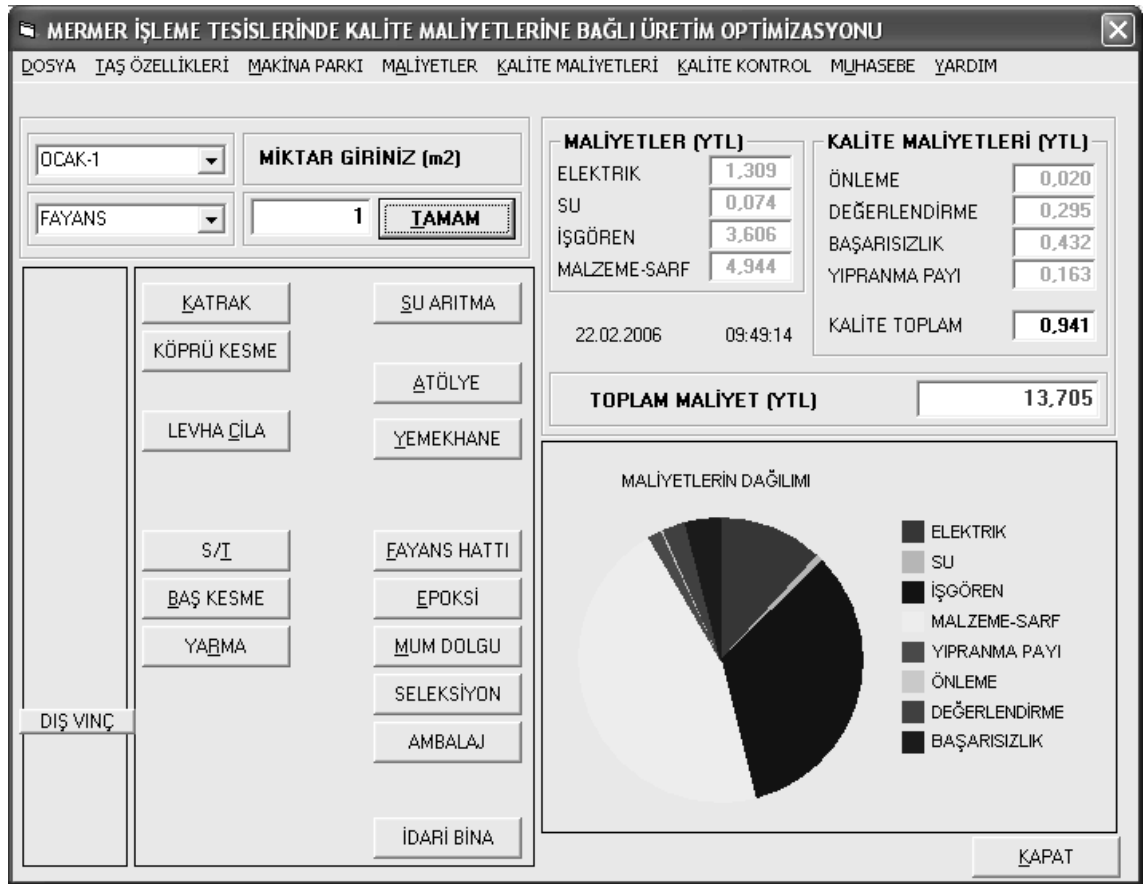
KAPAT

Şekil 6.1. Programın Açılış Penceresi

Üçüncü bölüm ise ikinci bölümün hemen altında bulunan ve bir mermer işleme tesisinin planından yaralanılarak oluşturulan fabrika görüntüsüdür. Burada her bir makina ve işlem adımı bir düğme ile simgelenmiştir. Her düğme üzerinde yazılı olan makina veya işlem noktası hakkında ayrıntılı bilgiler içeren yeni bir pencere ile bağlantılıdır. Örneğin üzerinde “Katrak” yazan düğme fare ile tıkladığında Katrak ile ilgili bilgilerin saklandığı pencere ekrana gelmekte ve burada yazan her türlü bilgi kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir.

Dördüncü bölümde kullanıcı tarafından seçimi ve üretim miktarı belirlenen doğal taş ürününün bu seçim doğrultusunda üretilmesi durumunda ortaya çıkacak giderler ayrıntılı olarak sunulmaktadır. Bu bölüm kalite maliyetlerinin alt birimleri olan **Önleme, Değerlendirme, Başarısızlık ve Yıpranma Payı** maliyetlerini de ayrı ayrı vermektedir.

Son bölümde ise dördüncü bölümde verilen değerler ile ilgili bir pasta gösterim mevcuttur. Bu sayede kullanıcı hangi gider kaleminin öne çıktığını kolayca görebilmektedir. Şekil 6.2’de verilen program görüntüsünde doğal taş tipi ve ürün çeşidi seçildikten sonra miktar değeri de girilerek “Tamam” düğmesine basılmış ve program hesaplamaları ve maliyet dağılımını gösteren pasta grafiği ekrana getirilmiştir.



Şekil 6.2. Gerekli Veriler Girildikten Sonra Sonuçların Ekranda Gösterilmesi

6.1.3. Bilgilerin Girilmesi

Programda bir çok değişik türde bilgi girişi mümkündür. Makina parkı ile ilgili her türlü bilgi, elektrik ve su birim fiyatları, doğal taşların tüm özellikleri ile ilgili bilgiler, taşların adlarını değiştirilmesi, getirildikleri ocak adları, her türlü makinanın kurulu gücünden işgörenin brüt ücretine kadar, maliyetler ile ilgili diğer tüm bilgiler menülerden ilgili komutlar seçilerek açılan pencerele doğrudan girilebilmektedir.

Girilen bu bilgiler bağılı oldukları değişkenlerde saklanarak yeni değerleri ile işleme katılmaktadırlar. Kullanıcı tarafından kendi bulunduğu işletme şartlarına göre yeniden düzenleyebileceği değişkenlerin sayısı 1300 dolayındadır. Bu sayede programın oldukça esnek bir hal alması sağlanmaya çalışılmıştır.

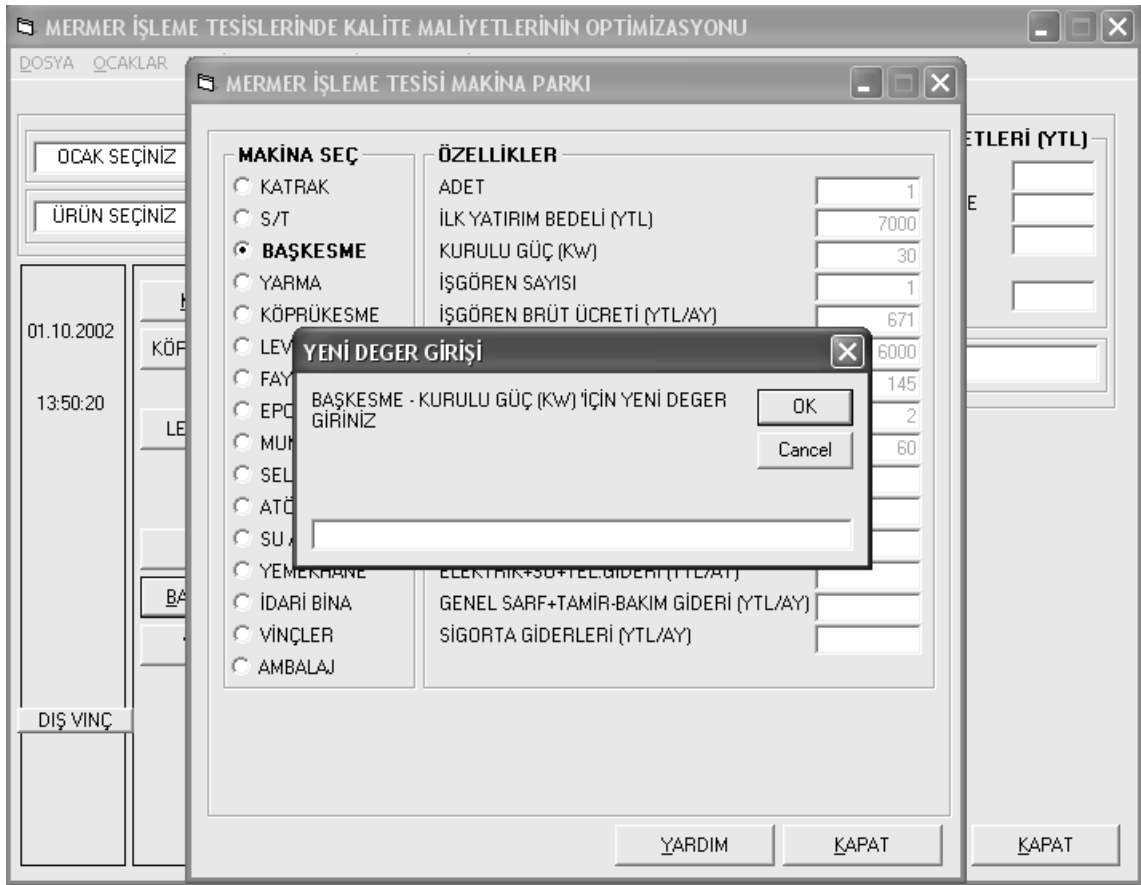
Programdaki herhangi bir penceredeki bir değer değiştirilmesi için o değer adı üzerine fare ile tıklamak yeterli olmaktadır. İlgili veri alma penceresi açılarak kullanıcının yeni veri girişine olanak vermektedir. Şekil 6.3.'de verilen görüntü, örnek olarak yeni bilgi girildiği sırada alınmıştır.

ŞİRKET ADI	DENİZ MERMERCİLİK
ELEKTRİK BİRİM FİYATI (YTL/kWh)	0,086
SU BİRİM FİYATI (YTL/ m3)	0,09
GÜNLÜK ÇALIŞMA SÜRESİ (h)	7,5
BRÜT ASGARİ ÜCRET (YTL/AY)	645,17

YENİ BİLGİLERİ GİRİNİZ

Şekil 6.3 Yeni Bilgi Girişi Penceresi.

Ayrıca diğer tüm pencerelerde de kullanılan değişkenler kullanıcı tarafından değiştirilebilmektedir. Bunun için değişken adının üzerine fare ile tıklamak yeterli olmaktadır. Bu durumla ilgili bir örnek Şekil 6.4'de verilmiştir. Şekilde makina parkı penceresinde baş kesme makinası kurulu gücü için yeni KW değeri girilmek istenmiş ve "Kurulu Güç" yazan başlık fare ile tıklanınca yeni değer girilmesi için yardımcı olacak mini pencere açılmıştır.



Şekil 6.4 Pencere Yardımı ile Yazılıma Yeni Veri Girilmesi

6.1.4. Doğal Taş ve İşleme Özellikleri Penceresi

Bir çok mermer işleme tesisi incelenmiş ve aynı anda işlem gören taş sayısının 3-5 dolayında olduğu gözlenmiştir. Bu durumdan hareketle başlangıçta yazılım içerisine matematik model olarak anlatılan bölümde olduğu gibi 5 ayrı doğal taş ile ilgili olarak bilgi girilmesine izin verilmiş, ancak gerek sistemin zorlanması ve gerekse eniyileme matrislerinin çok büyük değerlere ulaşması üzerine bu sayı 3 ile sınırlı tutulmuştur. Bu doğal taşların her türlü özellikleri yeni veri olarak girilebilir. Doğal taşın adı, hangi ocaktan geldiği, nakliye maliyeti, ilkmadde maliyeti, bu doğal taşın katrakta ne kadar fire verdiği, köprü kesmede işlenirken ne kadar süre aldığı bilgisinden seçim masasında ayrılma oranlarına kadar doğal taşlar ile ilgili yaklaşık 130 veri bu pencereden programa girilebilmektedir.

Kullanıcı penceredeki tüm bilgileri değiştirme ve değişiklikleri kullanarak işlem yapma olanağına sahiptir. Şekil 6.5’de doğal taşlar ve işleme parametrelerini saklayan pencere gösterilmiştir.

OCAKLAR VE TAŞLARI İLE İLGİLİ ÖZELLİKLER

TAŞ ÖZELLİKLERİ		2.KALİTEYE AYRILMA ORANI (%)		ÜRETİM HIZLARI (m2/h)	
DOĞAL TAŞ KODU	102	HAM LEVHA	10	KESİME HAZIRLIK	0
TEDARİKÇİ OCAK-KODU	102	CİLA LEVHA	20	KATRAK	59
İLK MADDE MALİYETİ (YTL/m3)	95	HAM EBATLI	24	KÖPRÜ KESME	21
NAKLİYE MALİYETİ (YTL/m3)	19	HONLAMA EBATLI	23	S T	17
		CİLA EBATLI	24	BAŞ KESME	12
		FAYANS	34	YARMA	35
				CİLA LEVHA	22
				HONLAMA EBATLI	27
				CİLA EBATLI	29
				FAYANS	19
				EPOKSİ	17
				MUM DOLGU	2
				SELEKSİYON	51
				AMBALAJ	7

FİRE ORANLARI (% m2)		3.KALİTEYE AYRILMA ORANI(%)	
KATRAK FİRE (%)	5	HAM LEVHA	2
KÖPRÜ KESME FİRE (%)	11	CİLA LEVHA	2
CİLA LEVHA FİRE (%)	2	HAM EBATLI	19
ST FİRE (%)	3	HONLAMA EBATLI	29
BAŞ KESME FİRE (%)	18	CİLA EBATLI	34
YARMA FİRE (%)	4	FAYANS	23
HONLAMA EBATLI FİRE (%)	3		
CİLA EBATLI FİRE (%)	2		
FAYANS FİRE (%)	4		

DOLGU ÖZELLİKLERİ	
MUM DOLGU (gr/m2)	9
EPOKSİ (gr/m2)	45

TAŞ-1
 TAŞ-2
 TAŞ-3

Şekil 6.5 Doğal Taş ve İşleme Özellikleri Parametreleri Penceresi

6.1.5. Makina Parkı ile İlgili Bilgilerin Saklanması

Mermer işleme tesisinde bulunan hemen her makine ve donanım ile ilgili yaklaşık 200 adet bilgi program tarafından saklanmaktadır. Üretim ile ilgili her türlü hesaplamada kullanılacak olan tüm bilgiler ve ayrıntılar program tarafından saklanır ve istendiği zaman kullanıcıya uygun bir pencerede sunulur. Diğer tüm pencerelerde olduğu gibi bu program penceresinde de değiştirilmek istenen başlık üzerine fare ile tıklanarak yeni değer girilebilmektedir. Makina bilgilerinin saklandığı pencere Şekil 6.6’da verilmiştir.

MERMER İŞLEME TESİSİ MAKİNA PARKI

MAKİNA SEÇ	ÖZELLİKLER	
<input type="radio"/> KATRAK	ADET	1
<input type="radio"/> S/T	İLK YATIRIM BEDELİ (YTL)	60000
<input type="radio"/> BAŞKESME	KURULU GÜÇ (KW)	130
<input type="radio"/> YARMA	İŞGÖREN SAYISI	2
<input type="radio"/> KÖPRÜKESME	İŞGÖREN BRÜT ÜCRETİ (YTL/AY)	645,17
<input type="radio"/> LEVHA CİLA	ORT. TESTERE/LAMA/ABRAZİF ÖMRÜ (m2)	6000
<input type="radio"/> FAYANSHATTI	TESTERE/LAMA/ABRAZİF FİYATI (YTL/ADET)	115
<input type="radio"/> EPOKSİ	TESTERE/LAMA/ABRAZİF SAYISI	80
<input type="radio"/> MUM DOLGU	ORT.SU TÜKETİMİ (LT/DAK)	600
<input type="radio"/> SELEKSİYON	EPOKSİ FİYATI (YTL/kg)	
<input type="radio"/> ATÖLYE	MUM FİYATI (YTL/kg)	
<input type="radio"/> SU ARITMA	LPG GİDERİ (YTL/AY)	
<input type="radio"/> YEMEKHANE	ELEKTRİK+SU+TEL.GİDERİ (YTL/AY)	
<input type="radio"/> İDARİ BİNA	GENEL SARF+TAMİR-BAKIM GİDERİ (YTL/AY)	
<input type="radio"/> VİNÇLER	SİGORTA GİDERLERİ (YTL/AY)	
<input checked="" type="radio"/> AMBALAJ		

AMBALAJ MALİYETİ (YTL/m²)

HAM LEVHA	CİLA LEVHA	HAM STRIP	HON STRIP	CİLA STRIP	FAYANS
0,6	0,5	0,3	0,5	0,8	1

YARDIM **KAPAT**

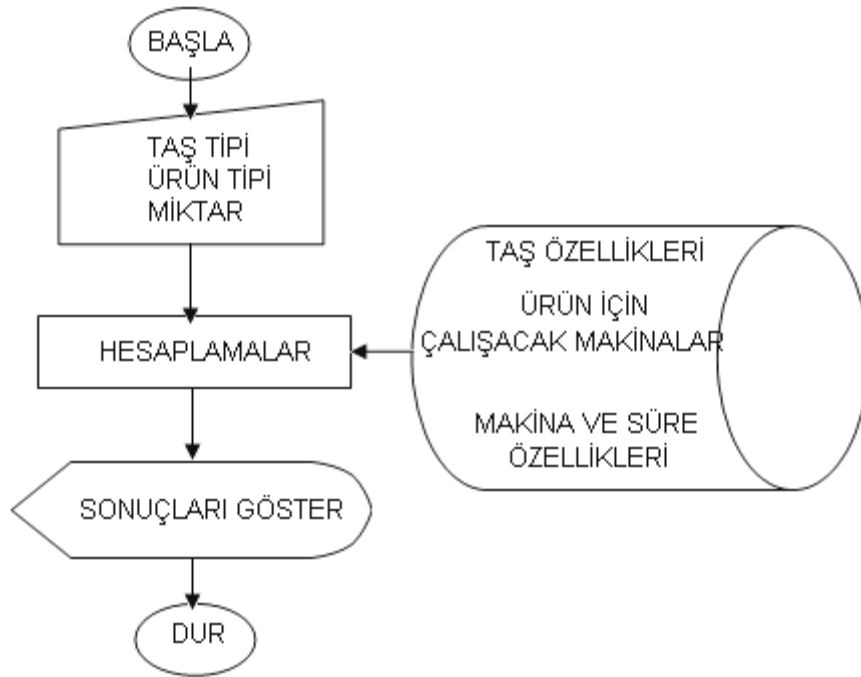
Şekil 6.6 Makina Parkı Penceresi

6.1.6. Ayrıntılı Giderler Penceresi

Geliştirilen yazılımın açılış penceresindeki açılır-kapanır menüler kullanılarak taş tipi ve ürün türü seçildikten sonra seçilen bu taş tipi ve ürün türünden kaç m² üretileceği bilgisayara girilir. Miktar bilgisinin de girilmesinin ardından ‘Tamam’ düğmesine basıldığında, yazılım, bu üretimin gerçekleşmesi için işletmedeki hangi araç ve makinaların ne süre çalışması gerektiğini hesaplar, önceden girilmiş makina ve taş ve işleme özellikleri verilerini de kullanarak ayrıntılı bir gider tablosu çıkarır.

Bu üretim ile ilgili olarak çalışması gereken makinaların toplam çalışma zamanları, toplam elektrik, su, sarf ve yıpranma payı giderleri ile kalite maliyetlerini

oluşturan giderler hesaplanarak ana penceredeki ilgili kutularda kullanıcıya sunulurlar. Bu gider kalemlerinin toplam içerisindeki paylarının kullanıcı tarafından iyi algılanması için, tüm bu giderleri içerisinde barındıran bir gider pastası ana pencerede uygun yerinde çizilir. Tüm bu hesaplamalar için her ne kadar onlarca fonksiyon birbiri ardına çalışsa da sonuçların üretilmesi bir saniyeden çok az bir zaman almaktadır. Ana pencerede gösterilen gider kalemlerinin yanında, arka planda daha ayrıntılı bir gider dağılım cetveli hazırlanmaktadır. Bu hesaplamaları yapan algoritmanın basitleştirilmiş şekli Şekil 6.7’de verilmiştir.



Şekil 6.7 Maliyet Hesaplaması Yapan Algoritmanın Basitleştirilmiş Görünümü

Ayrıntılı gider listesinde seçilen ürün tipi için işletmede çalışması gereken tüm makinaların her biri için elektrik, su, işgören, yıpranma payı giderleri ayrı ayrı gösterilmektedir. Bu sayede kullanıcısı, hangi makinanın hangi gider kaleminde ne kadar değişiklik olduğunu görme fırsatına sahip olmaktadır. Bu pencerelerden her bir taş tipi için ayrı ayrı olmak üzere üç adet bulunmaktadır. Başlangıç penceresinde Taş1 ve ürün olarak fayans seçilip miktar olarak 1 m² seçildikten sonra program çalıştırılmış ve ardından ana menüden Maliyetler/Taş1 Maliyetleri komutu verildiğinde açılan ayrıntılı giderler penceresinin görüntüsü Şekil 6.8.’de verilmiştir.

AYRINTILI MALİYETLER TABLOSU-TAS 1					
	ELEKTRİK	SU	İŞÇİLİK	SARF	AMORTİSMAN
KATRAK	0,1661	0,0371	0,0336	0,4485	0,0401
KOPRÜ KESME	0,1813	0,0058	0,053	0,0299	0,0211
LEVHA CİLA					
ST	0,401	0,0303	0,0275	0,0765	0,0313
BAŞKESME	0,0608	0,0059	0,0267	0,0299	0,0064
YARMA					
CİLA EBATLI					
HONLU EBATLI					
FAYANS	0,1624	0,019	0,0388	0,0461	0,0062
VİNÇLER	1,4334		1,4138		0,0749
İDARİ İŞLER			0,7069	0,1139	
ATÖLYE			0,3534	0,0558	
YEMEKHANE			0,3534	0,6814	
SU ARITMA	1,3438		0,3534	0,0228	0,0749
EPOKSİ	0,0246		0,0215	3,24	0,0015
MUM DOLGU			0,0024	0,01	
SELEKSİYON			0,0987		
AMBALAJ				1	

Şekil 6.8. Ayrıntılı Giderler Tablosu Penceresi

6.1.7. Doğaltaşlardan Kaynaklanan Belirsizliğin Benzetimi

Mermer işleme üretim sisteminde ocaklardan gelen mermer bloklarında kalitesizlik kaynakları olarak çatlaklar, fosiller, sonradan oksitlenerek renk hatasına neden olan demir içerikli mineral oluşumları ve renk uyumsuzlukları gibi unsurlar sayılabilir. Bu kalitesizlik kaynaklarının hiçbirisi, blok bir kez ocaktan alınıp mermer işleme tesisine getirildikten sonra düzeltilemez. Ocakta yapılacak bir takım çalışmalar ile kusurlu blok üretimi azaltılabilir ancak doğal taş üreten bir ocakta üretilen tüm blokların kusursuz olma ihtimali de çok zayıftır. Ayrıca ocak işletmecileri ürettikleri her

kalitedeki bloğu satabilmek için değişik yöntemler uygulamaktadırlar. Bunlardan birisine göre iki adet çok iyi kalitede blok satın alabilmeniz için aynı ocakta üretilmiş olan en az bir adet kötü kalitede bloğu da satın almanızı şart koşulmaktadır (Büyükgüçlü, 2003).

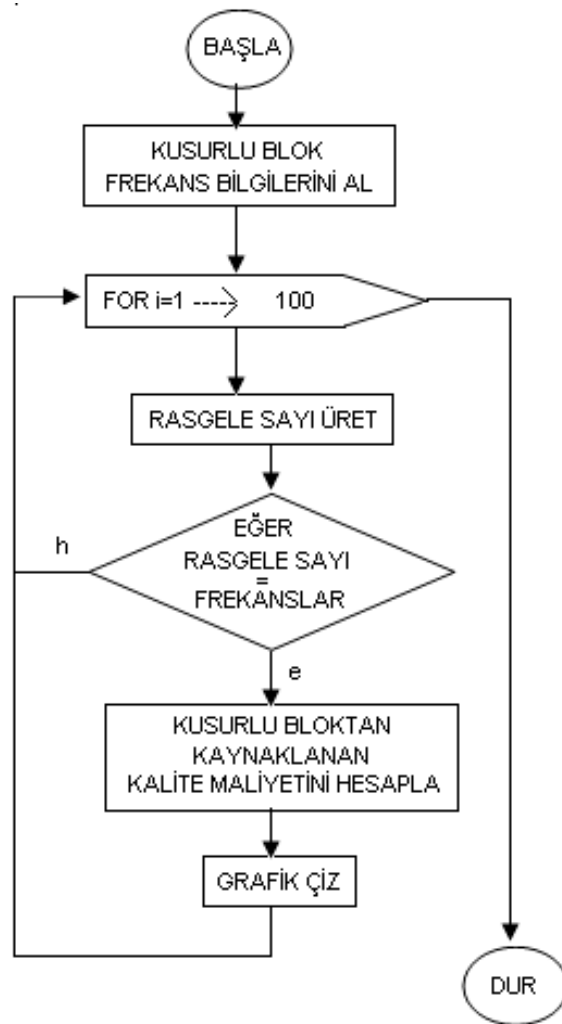
Bu nedenle kalitesizlik kaynağı olan blokların doğal özelliklerinin tahmin edilerek ortalama bir başarısızlık kalitesi maliyeti her ocak için hesaplanabilir. Bu durumda yapılması muhtemel bir üretim ve maliyet planlamasında belirli bir ocaktan gelecek bloklar hakkında önceden bilgi elde edilerek kalite maliyet planlanası yapılabilir. Bunun için ocaklardan gelecek blokların kalite durumlarının benzetimini yapabilecek bir çalışmaya ihtiyaç duyulacaktır. Belirsizlik içeren tahmin ya da modelleme sistemlerine genel olarak stokastik yöntemler adı verilmektedir. Doğal taş ocağından gelen ve kalite maliyetlerine doğrudan yansıtacak kusurlar içeren bloklar ile ilgili bu belirsizliğin analiz edilebilmesi için de stokastik analiz yöntemleri uygulanmalıdır. Bu tür belirsizliklerin bulunduğu sistemlerin analiz edilmesi ve belirsizliklerin ortadan kalkması için uygulanan yöntemlerden birisi de Monte Carlo benzetim yöntemidir (Taha, 1992). Monte Carlo benzetim yöntemi ile sahadan alınan numune özelliklerinin frekans özellikleri belirlendikten sonra üretilen rasgele sayıların sonuçlarının gerçek verilere benzetilmesi sağlanmaktadır.

Bu yöntemi mermer ocaklarından gelen kalitesizliğin benzetimi için uygulanmış ve aşağıdaki çalışmalar yapılmıştır. Bunun için önce mermer bloklarının hangi özelliklerinin kalitesizlik kaynağı olarak değerlendirileceği tespit edilmelidir. Bu tespit sahada yapılan bir takım çalışmalar sonucunda yapılmıştır ve bloklar ile ilgili kalitesizlik kaynaklarının **Çatlak**, **Fosil içeriği**, Demir içeren minerallerin oksitlenmesi sonucu renk kararması ya da sektördeki adlandırma ile **Pas** ve **Renk Hatası** olduğu belirlenmiştir.

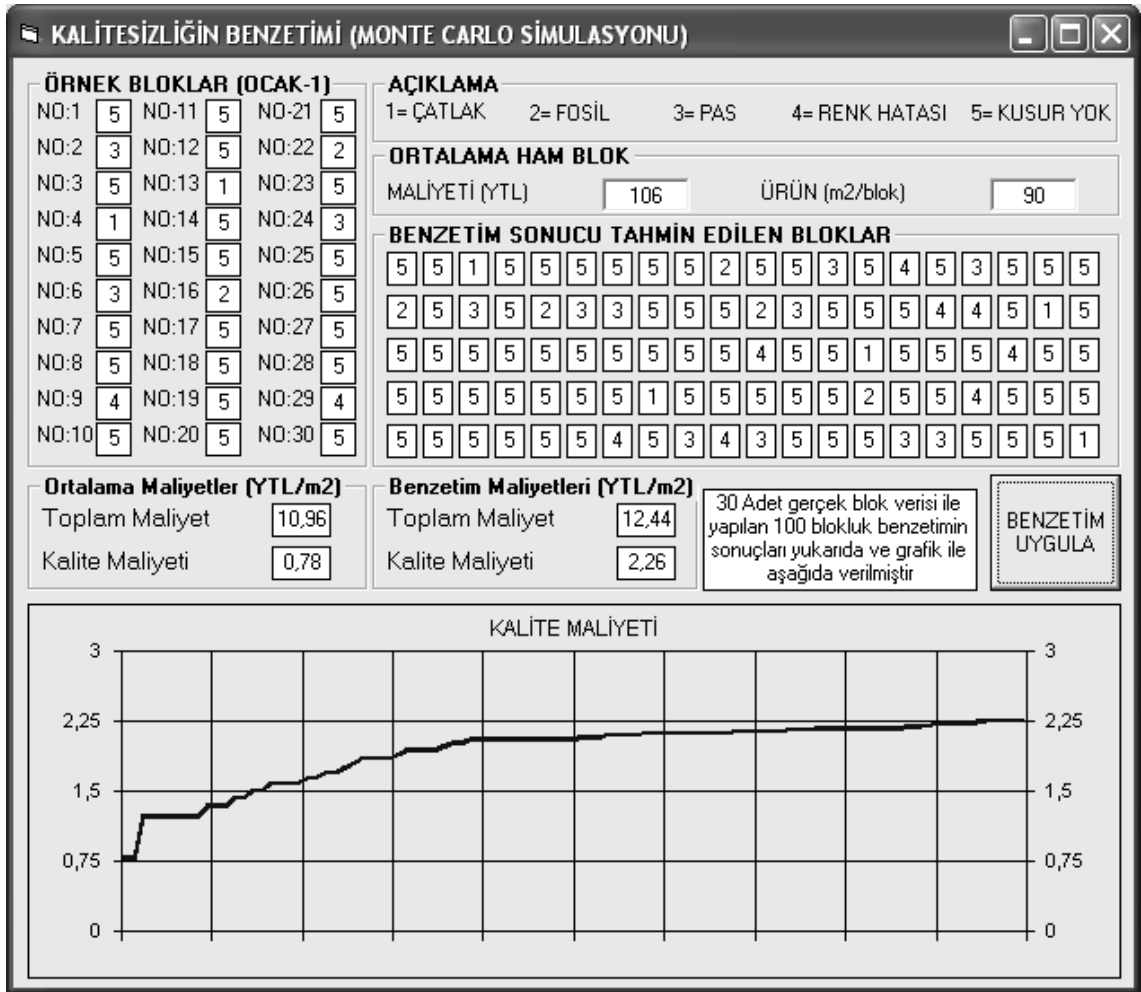
Bir mermer işleme tesisi için kalitesizlik unsurları yukarıdaki şekilde belirlendikten sonra ocaktan gelen bloklar değerlendirilerek kusurların ve kusursuzların frekans dağılımları belirlenir. Çalışma kapsamında Diyarbakır'daki bir mermer işleme tesisine getirilen 30 adet blok üzerinde yukarıda sayılan kusurlar aranmış ve bu

kusurların frekansları elde edilmiştir. Daha sonra rasgele sayı üretici ile 100 kez sayı üretilerek kusurlu blok frekansları aralığına denk düşen sayılarda kalite maliyetleri hesaplanmış ve sistem bu şekilde çalıştırılmıştır. Sonuçta incelenen ocak ile ilgili olarak getirilecek mermer bloklarının taşıyacağı kalitesizlik maliyeti sabit bir sayıya dönüşene kadar sistem çalıştırılmış ve bir sabit sayı elde edilmiştir. Verilerin alındığı ocak için bu değer 2,26 YTL/m² kalitesizlik maliyeti olarak tahmin edilmiştir (Şekil 2.10).

Geliştirilen yazılım içerisine de buna benzer bir pencere eklenerek farklı ocaklar için elde edilecek farklı değerler ile belirsizlik analizinin yapılabilirliği sağlanmıştır. Söz konusu program penceresi arkasında çalışan kodlar ile ilgili basitleştirilmiş algoritma Şekil 6.9'da, pencere görüntüsü ise Şekil 6.10'da, verilmiştir.



Şekil 6.9. Belirsizliklerin Benzetimi İle İlgili Program Algoritması

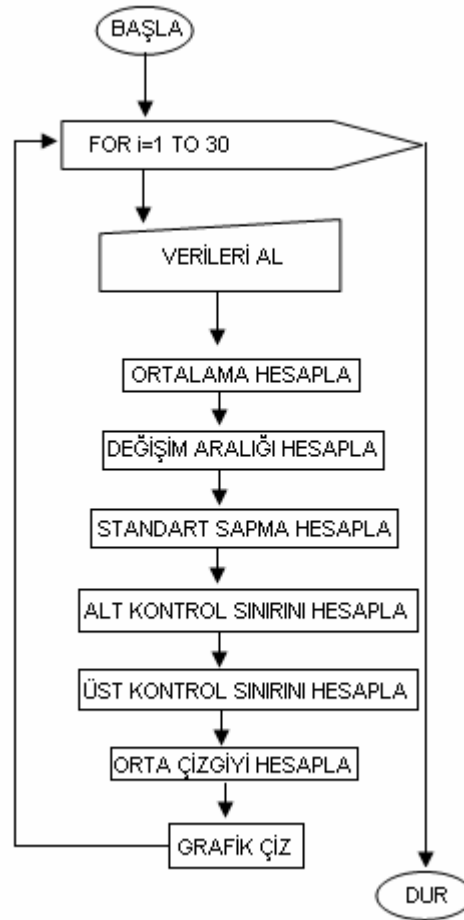


Şekil 6.10. Doğaltaşlardan Kaynaklanan Kalitesizliğin Benzetimi Penceresi

6.1.8. İstatistiksel Kalite Kontrol Grafikleri Penceresi

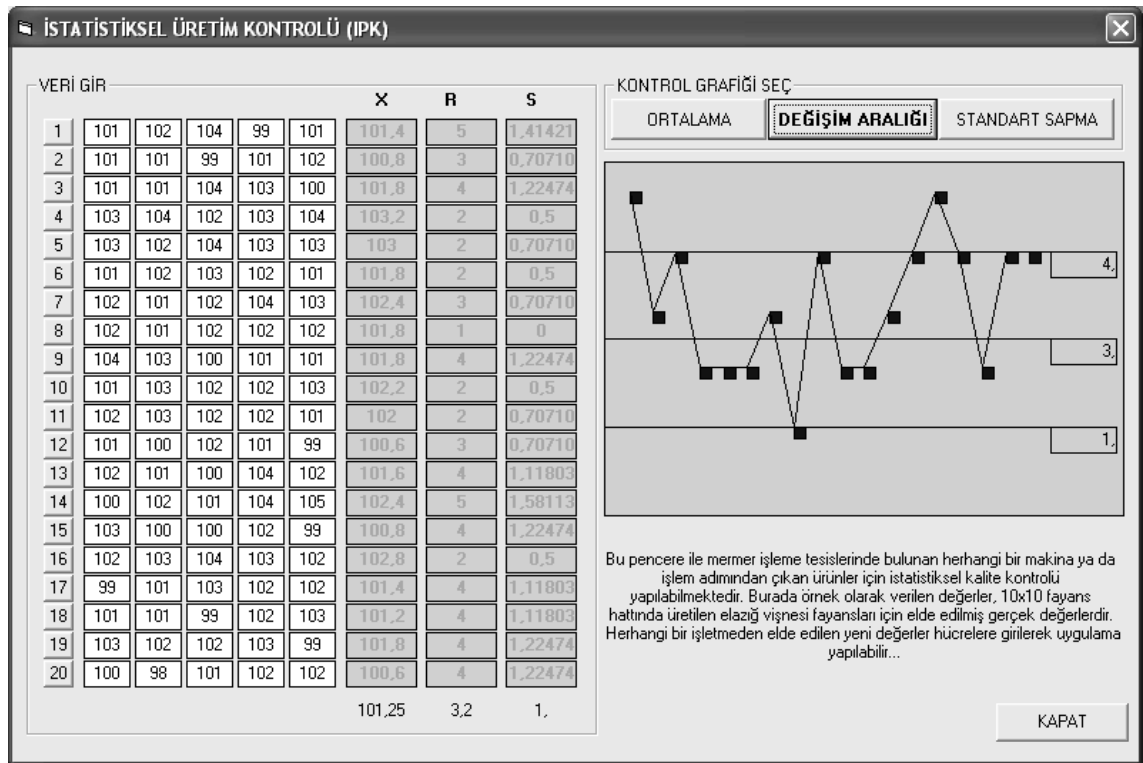
Bir üretim sürecinin kalite kontrol açısından denetlenebilmesi için bir takım yöntemler mevcuttur. İstatistiksel kalite kontrol bunlardan birisidir. İstatistiksel kalite kontrolde üretim modelini oluşturan birimlerden çıkan ürünlerin belirli özellikleri, belli aralıklarla ölçülerek bir takım istatistiksel işlemler sonucunda oluşturulan grafiklere aktarılırlar ve bu grafikler, o üretim sisteminin kontrol altında olup olmadığı konusunda fikir vermektedir.

İstatistiksel kalite kontrolün bir şekilde yazılım içerisine yerleştirilmesi değerlendirilmiş grafiklerinin oluşturulabileceği bir pencere ilave edilerek kullanılacağı işletmede istatistiksel kalite kontrol yapılmasına yardımcı olmak amaçlanmıştır. Bir üretim sistemindeki istenmeyen değişkenlilerin kontrol edilmesi ve kaliteye zarar vermeden önce denetim altına alınarak en aza indirilmesi için bir takım çalışmalara ihtiyaç vardır. Bir üretim sürecinde kalite hedefine ulaşmak için sistemin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bir sistemin kontrolü için ise bir çok yöntem bulunmaktadır. Bu pencere ile kullanıcı, işleme tesisinde istatistiksel olarak elde edeceği ölçüm değerlerini girebilmektedir. Algoritmada kullanılan hesaplamalar Shewhart kontrol grafikleri olarak bilinen kontrol grafikleri olup (Oktay, 1998), Şekil 6.11’de basit bir şekilde gösterilmiştir. Ayrıca 2.Bölüm’de 2.6’da *Kontrol Grafikleri* başlığı altında bu grafikler hakkında bilgi verilmiştir.



Şekil 6.11. İstatistiksel Kalite Kontrol Penceresi Basit Algoritması

Pencere açıldığında bir işletmede yapılan gerçek fayans ölçüm değerleri ile açılmaktadır. Kullanıcı kendi verilerini kolaylıkla girebilmektedir. Girilen verinin program tarafından kabul edilmesi ve işlenmesi için her satırın başında bulunan düğmeye tıklamak gerekmektedir. Bu işlemin ardından ise sağ taraftaki düğmeler kullanılarak kontrol grafikleri çizilmektedir. Kontrol grafikleri numune sayısına bağlı olarak *Ortalama*, *Değişim aralığı* ve *Standart sapma* kontrol grafikleri olarak düzenlenmiştir. Kontrol sınırlarının dışında kalan noktalar üzerine fare ile gelip bir saniye beklendiğinde o noktanın değeri otomatik olarak belirlemekte ve kullanıcıya yardımcı olmaktadır. Program penceresi görüntüsü Şekil 6.12’de verilmiştir.



Şekil 6.12 İstatistiksel Kontrol Grafikleri ile Kontrole Olanak Sağlayan Program Penceresi

6.1.9. Montgomery-Klatt Kontrol Modeli Penceresi

Yazılım içerisine üretim sisteminin kontrol altında olup olmadığının bir modelini yapan ve Bölüm 2.7.1’de ayrıntısı açıklanan model ile ilgili bir pencere yerleştirilmiştir. Program algoritmasında söz konusu bölümdeki açıklama ve eşitlikler aynen kullanıldığı

için burada algoritma simgelerine yer verilmemiştir. Bu pencere yardımı ile mermer işleme tesisi üretim sisteminin kontrol altında olup olmadığının tahmin edilmesi işletmede alınacak birkaç numune sonrasında yapılabilmektedir.

NUMUNE NO	NUMUNE BİRİMLERİ				
	1	2	3	4	5
1	920	939	928	937	934
2	923	924	927	930	939
3	941	934	927	931	928
4	919	932	926	917	933
5	917	938	940	941	928
6	934	936	934	929	920
7	935	943	933	942	916
8	928	928	935	937	927
9	922	944	925	938	940
10	930	939	934	940	919

SİSTEMİN KONTROL ALTINDA OLMA OLASILIĞI (%)= 60,65
SİSTEMİN KONTROL DIŞI OLMA OLASILIĞI (%)= 39,35

MONTGOMERY-KLATT MODELİ

AÇIKLAMA

BİR MERMER İŞLEME TESİSİNDE YAPILAN ÇALIŞMA SONUCUNDA 30 X 30 FAYANS ÜRETİMİ YAPILAN BİR ÜRETİM HATTI İLE İLGİLİ OLARAK BELİRLİ ARALIKLAR İLE 5 Lİ NUMUNELER ALINMIŞ VE KÖŞEĞEN ÖLÇÜMÜ YAPILMIŞTIR... ÜRETİM SİSTEMİ İLE İLGİLİ OLARAK ALT VE ÜST SINIRLAR BELİRLİDİR.

BU DEĞERLER VE NUMUNE ÖLÇÜM SONUÇLARI YANDA SUNULMUŞTUR...

BU VERİLER KULLANILARAK ÜRETİM SİSTEMİNİN KONTROL ALTINDA OLMADIĞININ ANALİZİ İÇİN GELİŞTİRİLEN MONTGOMERY-KLATT MODELİ UYGULAMASI YAPILMIŞTIR...

BU PENCERE KULLANILARAK FARKLI İŞLETMELER, VERİ GRUPLARI VE FARKLI SPESİFİKASYONLAR İÇİN AYNI ÇALIŞMA YAPILABİLİR...

İSTENEN ARALIKLAR (SPESİFİKASYON)

ÜST SINIR (mm) 942 DEĞİŞTİR

ALT SINIR (mm) 918 DEĞİŞTİR

HATALI ANALİZİ

KUSURLU SAYISI = 5
İKİ NUMUNE ARASINDAKİ BİRİM SAYISI = 4
BİR SAATTE ÜRETİLEN BİRİM SAYISI = 40

Şekil 6.13. Montgomery-Klatt Maliyet Modeli Penceresi

Şekil 6.13’de verilen pencerede 30,5 x 30,5 fayanslar için köşegen ölçümü yapılmıştır. Ürün için istenen alt ve üst sınırları girildikten sonra köşegen ölçümleri 4 numune arrayla yapılmış ve saatte 40 birim ürün üretildiği gözlemlenmiştir. Bu bilgiler girildikten sonra model çalıştırılmış ve sistemin % 61 ihtimal ile kontrol altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6.1.10. Önerilen ‘Tekdüzen Muhasebe Sistemi’ ile ilgili Yazılım Penceresi

Bu çalışmasının bir bölümü de işletmelerdeki kalite maliyet değerlerini göstermeyen klasik muhasebe sistemine bir alternatif sistem önerisi getirerek kalite maliyetlerinin ‘Tekdüzen Muhasebe Sistemi’ içerisine almaktır.

Bu amaca uygun olarak yapılan muhasebe sistemi yazılımda bir pencere yerini almıştır. Şekil 6.14’de bu pencerenin görüntüsü verilmiştir. Ana pencereden “Muhasebe” komutu verilerek girilen pencere işletmenin tekdüzen muhasebe kayıtlarını, kalite maliyetlerinin tüm ayrıntılarını da içerecek şekilde düzenleyen pencereyi çağırılmaktadır. Bu penceredeki tüm bilgiler programa bağlı bulunan bir veri tabanında saklanmaktadır.

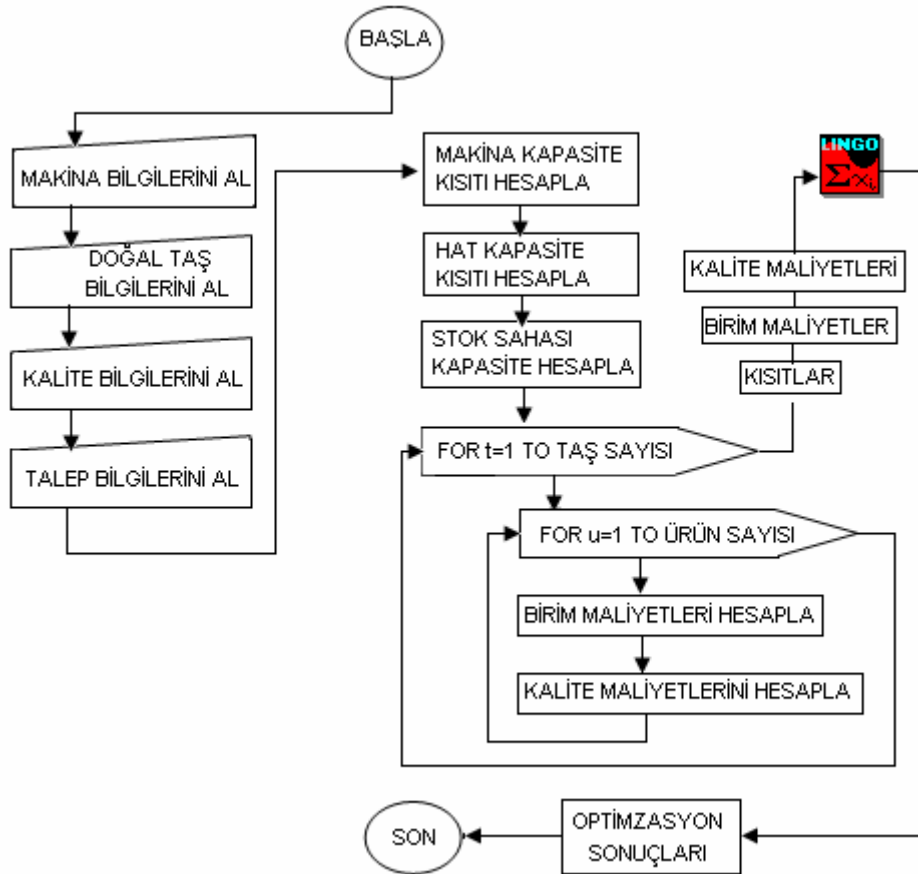


Şekil 6.14 Tek Düzen Muhasebe Sistemi Kayıtlarını Gösteren Yazılım Penceresi

6.1.11. Kalite Maliyetlerine Bağlı Üretim Eniyilemesi

Değişik program pencereleri ile mermer işleme tesisleri üretim sistemi modelini oluşturan yazılım, girdi olarak aldığı verileri işledikten sonra her bir taş türü ve ürün tipi için birim maliyetlerini (YTL/m²) hesaplar. Hesaplanan birim maliyetler, model için katsayıları ifade eder. Daha önceden girilen makina özelliklerini kullanarak hat kapasitelerini de kendisi hesaplayarak kısıtların bir bölümünü ortaya koymuş olur.

Ardından yazılım tarafından maliyet katsayıların kullanıldığı bir üretim fonksiyonu ve ilgili kısıtları da göz önüne alınarak tüm maliyet kalemleri ve kalite maliyetleri açısından üretimin eniyilemesi gerçekleştirilmektedir. Bu eniyileme ile birim kalite maliyeti belirli olan her bir doğaltaştan üretilmiş her bir ürün için işleme tesisi kapasiteleri ve diğer kısıtlar dikkate alınarak bir üretim miktarları tablosu belirlenmelidir. Bu öyle bir üretim miktarları tablosu olmalıdır ki toplam maliyet en az olsun. Bunun için yazılım, bu pencere ile LINGO programı arasında bir bağlantı kuracak şekilde ayarlanmıştır. Bu durumda eşitlik (4.87)'de verilen ana maliyet ve kalite maliyet fonksiyonları (amaç fonksiyonları) için M ve K değerleri, maliyet ve kalite maliyet değerleri program tarafından hesaplanmış olmaktadır. Bu işlemler ile ilgili algoritma Şekil 6.15'de, Yazılımın ilgili penceresi Şekil 6.16.'da verilmiştir.



Şekil 6.15 Eniyilemenin Uygulandığı Program Bölümü Basitleştirilmiş Algoritması

OPTİMİZASYON UYGULAMASI- (LINGO BAĞLANTISI)

HESAPLANAN TOPLAM MALİYETLER(YTL/m ²)				HESAPLANAN KALİTE MALİYETLERİ (YTL/m ²)			
	Ocak 1	Ocak 2	Ocak 3		Ocak 1	Ocak 2	Ocak 3
HAM LEVHA	10,040	10,245	9,130	HAM LEVHA	0,666	0,637	0,699
CİLA LEVHA	14,352	14,772	15,242	CİLA LEVHA	0,772	0,921	1,032
HAM EBATLI	7,265	7,771	6,794	HAM EBATLI	0,696	0,764	0,688
HONLU EBATLI	8,338	8,823	7,477	HONLU EBATLI	0,798	0,922	0,826
CİLA EBATLI	12,039	11,972	12,253	CİLA EBATLI	0,784	0,826	0,905
FAYANS	13,705	13,466	14,602	FAYANS	0,941	0,982	1,215

ENİYİLEME SONUÇLARI (Önerilen m ² /AY)			
	Ocak 1	Ocak 2	Ocak 3
HAM LEVHA	650	590	9023
CİLA LEVHA	390	540	340
HAM EBATLI	400	450	320
HONLU EBATLI	300	350	480
CİLA EBATLI	450	730	300
FAYANS	550	1549	720
TOPLAM (m ²)	18132		

ENİYİLEME UYGULA

KALİTE MALİYETLERİNE GÖRE

TOPLAM MALİYETLERE GÖRE

HAT KAPASİTELERİ (m²/AY)

KATRAK FABRİKA KAPASİTESİ

ST

FAYANS

ENİYİLEME SONUCU TOPLAM MALİYET (YTL)

GELENEKSEL ÜRETİM İLE TOPLAM MALİYET (YTL)

SİSTEMİN KALİTE ENDEKSİ

Şekil 6.16. Üretimin Eniyilenmesi Penceresi

Bu maliyet değerleri ve diğer kısıtlardan oluşan amaç fonksiyonu ile onun oluşturduğu eniyileme eşitliği, LINGO yazılımı ile kurulan bağlantı sayesinde çözümlenerek sonuçlar üretilmektedir. Sonuçta ise mevcut şartlar altında en az maliyeti yapmak için hangi üründen ne kadar üretilmesi gerektiğinin cevabı verilmektedir. Bu pencerede maliyetler, program tarafında hesaplanan hat kapasiteleri ve eniyileme sonrası en düşük maliyeti elde etmek için hangi üründen ne kadar üretilmesi gerektiğini içeren öneri kısmı bulunmaktadır. Son olarak bu önerilen miktarlar üretildiğinde ortaya çıkacak toplam maliyet değeri ve eniyileme uygulanmadan yapılacak üretim sonucunda ortaya çıkacak toplam maliyet değeri Şekil 6.16'da verilen program penceresinin altında gösterilmektedir.

Girilen değerler sonucunda aylık yaklaşık 16 bin YTL kazanç sağlanacağı pencerede hesaplanan sonuçlarda görülmektedir. Kapasitesi 18 bin olan bir işletmede bu

fark yaklaşık 1 YTL/m² olmaktadır ki bu da ortalama maliyetleri 8-12 YTL/m² olan ürünler için ortalama % 8'lik bir iyileştirme anlamına gelmektedir.

İşletme şartları diğer pencerelerden ayarlandıktan sonra bu şartlar altında en az maliyet ile kapasiteye uygun üretim yapabilmek için gerekli üretim planı program tarafında üretilmektedir. İşletme ile ilgili herhangi bir parametre, ya da kalite ile ilgili bir değişkene farklı bir değer vererek, sonucu ne oranda değiştireceği de yine bu pencere sayesinde görülebilmektedir. Bu sayede kalite için yapılan maliyetler, makinaların fire oranları, diğer işletme parametreleri gibi değişkenlerin maliyet ve üretim planlaması üzerindeki etkisi doğrudan doğruya gözlemlenerek kalite maliyetleri ve diğer maliyetlerin, işletme parametrelerini değiştirerek kontrol edilmeleri mümkün olacaktır.

Ayrıca aynı program penceresi ile sistemin kalite endeksi değeri de hesaplanmaktadır. Bu değer Şekil 6.16'daki pencerede görüldüğü gibi 108 olarak bulunmuştur. Bu değer kalite yatırımı yapan işletmelerde 105 civarında gerçekleşirken, böyle bir yatırımı yapmaktan kaçınan firmalarda bu değer 110 ila 130 gibi yüksek bir oranda seyretmektedir (Bayram, 2000). Bu konuda açıklama Bölüm 2'de 2.5.7. Kalite Endeksi başlığı ile verilmiştir.

6.2. Yazılım ve Model İçin Kullanılan Gerçek Veriler ve Hesaplamalar

Daha önceki bölümlerde mermer işleme tesisleri üretim sistemi ile ilgili olarak bir çok eşitlik ortaya konulmuş ve tüm sistem için bir model oluşturulmuştur. Bu bölümde de bu eşitlikler ve modelin kullanıldığı bir bilgisayar yazılı tanıtılmıştır. Eşitlikleri kullanan yazılımın çalışabilmesi için mermer işleme tesisleri ile ilgili olarak bir çok veri, değişken ve hesaplama ihtiyacı duymaktadır. Bu bölümde sahadan toplanan bu veri ve değişkenler ve bu veriler ile yapılan hesaplamalar çizelgeler halinde sunulmaktadır. Veriler Diyarbakır Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Beroner, Arı, Dimer ile Lice de bulunan Toprak Mermer fabrikalarından alınan verilerin derlenmesi sonucunda oluşturulmuştur.

Aşağıda verilen 14 Çizelge içerisinde mermer işleme tesislerinden toplanan gerçek veriler ve bu veriler kullanılarak yapılan hesaplama sonuçları verilmiştir. Bu hesaplamalar yapılırken bölüm 4'de verilen eşitliklerden yararlanılmıştır. Hangi çizelgede hangi eşitliğin kullanıldığı çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge 6.1. Blok Seçimi-Hazırlık İşlemleri ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
P1	1	Blok Seçimi Yapan İşgören Sayısı	
G _{ig}	645,17	Blok Seçimi Yapan İşgören Gideri (YTL/ay)	
BS _{ig}	0,048	Blok Seçimi Yapan İşgören Toplam Gideri (YTL/dakika)	(4.3)
B _{im}	60	Hammadde Birim Maliyeti (YTL/m ³)	
T _h	460	Aylık Hammadde Miktarı (m ³ /ay)	
M _{im}	27600	Hammadde (İlk giren) Toplam Maliyeti (YTL/ay)	(4.4)
N _g	3	Blok Nakliye Gideri (YTL/m ³)	
T _h	460	Aylık Hammadde Miktarı (m ³ /ay)	
N _{ig}	0,102	Blok Nakliye Toplam Gideri (YTL/dakika)	(4.5)
P2	2	İşgören Sayısı	
G _i	645,17	Blok Hazırlık İşgöreni Gideri (YTL/ay)	
BH _{ig}	0,095	Blok Hazırlık İşgöreni Toplam Gideri (YTL/dakika)	(4.6)

Çizelge 6.2. Katrak ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
K _{ig}	1290	Katrak İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.8)
P3	2	İşgören Sayısı	
K _i	645,17	Katrak İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
K _e	0,242	Katrak Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.9)
KG	130	Katrak Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
K _{su}	0,054	Katrak Su Gideri (YTL/dakika)	(4.10)
K _s	600	Katrak Su Tüketimi (lt/dakika)	
SF	0,09	Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)	
K _{sarf}	0,1227	Lama Sarfı Gideri (YTL/dakika)	(4.11)
L _s	80	Lama Sayısı	
L _f	115	Lama Fiyatı (YTL/adet)	
L _ö	250	Lama Ömrü (metretül)	
H _k	0,2	Kesme Hızı (metretül/saat)	
K _{am}	1250	Katrak Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.12)
K _f	90000	Katrak Alış Fiyatı (YTL)	
K _g	0,607	Katrak ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.7)

Çizelge 6.3. ST ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
ST _{ig}	645,17	ST İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.14)
P4	1	İşgören Sayısı	
ST _i	645,17	ST İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
ST _e	0,358	ST Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.15)
STG	192	ST Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
ST _{su}	0,027	ST Su Gideri (YTL/dakika)	(4.16)
ST _s	300	ST Su Tüketimi (lt/dakika)	
SF	0,09	Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)	
ST _{sarf}	0,5	ST Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)	(4.17)
T _s	2	Testere Sayısı	
T _f	900	Testere Fiyatı (YTL/adet)	
T _ö	6000	Testere Ömrü (m ²)	
H _{st}	20	Kesme Hızı (m ² /saat)	
ST _{am}	597	ST Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.18)
ST _f	43000	ST Alış Fiyatı (YTL)	
STg	0,977	ST ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.13)

Çizelge 6.4. Baş Kesme ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
BK _{ig}	645,17	Başkesme İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.20)
P5	1	İşgören Sayısı	
BK _i	645,17	Başkesme İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
BK _e	0,0559	Başkesme Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.21)
BKG	30	Başkesme Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
BK _{su}	0,0054	Başkesme Su Gideri (YTL/saat)	(4.22)
BK _s	60	Başkesme Su Tüketimi (lt/dakika)	
SF	0,09	Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)	
BK _{sarf}	0,032	Başkesme Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)	(4.23)
T _s	2	Testere Sayısı	
T _f	145	Testere Fiyatı (YTL/adet)	
T _ö	6000	Testere Ömrü (m ²)	
H _{bk}	40	Kesme Hızı (m ² /saat)	
BK _{am}	175	Başkesme Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.24)
BK _f	9000	Başkesme Fiyatı (YTL)	
BKg	0,154	Başkesme ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.19)

Çizelge 6.5. Yarma Makinası ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
Y_{ig}	645,17	Yarma Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.26)
P_6	1	İşgören Sayısı	
Y_i	645,17	Yarma Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
Y_e	0,204	Yarma Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.27)
Y_G	110	Yarma Makinası Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
Y_{su}	0,0054	Yarma Makinası Su Gideri (YTL/dakika)	(4.28)
Y_s	60	Yarma Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)	
SF	0,09	Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)	
Y_{sarf}	0,0375	Yarma Makinası Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)	(4.29)
T_s	4	Testere Sayısı	
T_f	150	Testere Fiyatı (YTL/adet)	
$T_{\ddot{o}}$	4000	Testere Ömrü (m ²)	
H_Y	15	Kesme Hızı (m ² /saat)	
Y_{am}	166,7	Yarma Makinası Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.30)
Y_f	12000	Yarma Makinası Fiyatı (YTL)	
Y_g	0,306	Yarma Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.25)

Çizelge 6.6. Köprü Kesme ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
KK_{ig}	1390,2	Köprü Kesme Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.32)
P_7	2	İşgören Sayısı	
KK_i	645,17	Köprü Kesme Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
KK_e	0,167	Köprü Kesme Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.33)
KK_G	90	Köprü Kesme Makinası Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
KK_{su}	0,0054	Köprü Kesme Makinası Su Gideri (YTL/dakika)	(4.34)
KK_s	60	Köprü Kesme Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)	
SF	0,09	Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)	
KK_{sarf}	0,202	Köprü Kesme Makinası Testere Sarfı Gideri (YTL/dakika)	(4.35)
T_s	1	Testere Sayısı	
T_f	300	Testere Fiyatı (YTL/adet)	
$T_{\ddot{o}}$	3700	Testere Ömrü (m ²)	
H_{KK}	150	Kesme Hızı (m ² /saat)	
KK_{am}	500	Köprü Kesme Makinası Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.36)
KK_f	30000	Köprü Kesme Makinası Fiyatı (YTL)	
KK_g	0,528	Köprü Kesme Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.31)

Çizelge 6.7 Levha Cila ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
LC _{ig}	1269	Levha Cila Makinası İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.38)
P8	3	İşgören Sayısı	
LC _i	645,17	Levha Cila Makinası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
LC _e	0,498	Levha Cila Makinası Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.39)
LCG	198	Levha Cila Makinası Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
LC _{su}	0,0180	Levha Cila Makinası Su Gideri (YTL/dakika)	(4.40)
LC _s	137	Levha Cila Makinası Su Tüketimi (lt/dakika)	
SF	0,09	Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)	
LC _{sarf}	0,15	Levha Cila Makinası Abrasif Sarfı Gideri (YTL/dakika)	(4.41)
C _s	108	Abrasif Sayısı	
C _f	2	Abrasif Fiyatı (YTL/adet)	
C _ö	600	Abrasif Ömrü (m ²)	
H _{LC}	25	Cila Hızı (m ² /saat)	
LC _{am}	416	Levha Cila Makinası Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.42)
LC _f	25000	Levha Cila Makinası Fiyatı (YTL)	
LC _g	0,79	Levha Cila Makinası ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.37)

Çizelge 6.8 Fayans Hattı ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
F _{ig}	1935	Fayans Hattı İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.44)
P9	3	İşgören Sayısı	
F _i	645,17	Fayans Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
F _e	0,307	Fayans Hattı Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.45)
FG	165	Fayans Hattı Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
F _{su}	0,036	Fayans Hattı Su Gideri (YTL/dakika)	(4.46)
F _s	400	Fayans Hattı Su Tüketimi (lt/dakika)	
SF	0,09	Su Birim Fiyatı (YTL/m ³)	
F _{sarf}	0,384	Fayans Hattı Abrasif Sarfı Gideri (YTL/dakika)	(4.47)
C _s	96	Abrasif Sayısı	
C _f	2	Abrasif Fiyatı (YTL/adet)	
C _ö	500	Abrasif Ömrü (m ²)	
H _F	60	Cila Hızı (m ² /saat)	
F _{am}	250	Fayans Hattı Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.48)
F _f	18000	Fayans Hattı Fiyatı (YTL)	
F _g	0,889	Fayans Hattı ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.43)

Çizelge 6.9 Reçine Dolgu Hattı ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
E_{ig}	1390,3	Reçine Dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.50)
E_e	0,037	Reçine Dolgu Kurutma Fırını Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.51)
E_{sarf}	1	Reçine Dolgu Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/m ²)	(4.52)
$E_{TÜ}$	2000	Reçine Dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m ² /ay)	
E_{am}	87	Reçine Dolgu Hattı (Fırın) Yıpranma payı Gideri (YTL/ay)	(4.53)
E_M	50	Reçine Dolgu Miktarı (gr/m ²)	
E_F	20	Reçine Dolgu Fiyatı (YTL/kg)	
P10	2	İşgören Sayısı	
E_i	645,17	Reçine Dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
EG	20	Reçine Dolgu Kurutma Fırını Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
E_f	5250	Reçine Dolgu Makinası (fırın) Fiyatı (YTL)	
E_g	0,289	Reçine Dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)	(4.49)

Çizelge 6.10 Mum Dolgu ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
M_{ig}	1146	Mum Dolgu İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.60)
M_{sarf}	0,15	Mum Dolgu Malzemesi Gideri (YTL/m ²)	(4.62)
$M_{TÜ}$	3000	Mum Dolgu Uygulanan Toplam Ürün (m ² /ay)	
M_M	10	Mum Dolgu Miktarı (gr/m ²)	
M_F	15	Mum Dolgu Fiyatı (YTL/kg)	
P12	2	İşgören Sayısı	
M_i	645,17	Mum Dolgu Hattı İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
M_{LPG}	100	Aylık LPG Gideri (YTL/ay)	(4.61)
LPG	25	Tüp Fiyatı (YTL)	
N	4	Aylık Tüp Sarfı (adet/ay)	
M_g	0,126	Mum Dolgu Hattı Giderleri (YTL/dakika)	(4.59)

Çizelge 6.11 Seleksiyon ve Ambalaj ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
P13	2	Seleksiyon Masası İşgören Sayısı	
S_i	645,17	Seleksiyon Masası İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
A_g	0,695	Ambalaj Ünitesi Giderleri (YTL/dakika)	(4.64)
$A_{TÜ}$	8000	Ambalajlanan Toplam Miktar (m ² /ay)	
A_t	1	Ambalaj Türüne Göre Birim Maliyet (YTL/m ²)	
A_i	645,17	Ambalaj İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
P14	2	İşgören Sayısı	
S_g	0,102	Seleksiyon Masası Giderleri (YTL/dakika)	(4.63)

Çizelge 6.12 Su Arıtma Tesisi ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
SA _{ig}	645,17	Su Arıtma Tesisi İşgören Toplam Gideri (YTL/ay)	(4.66)
P15	1	İşgören Sayısı	
SA _i	645,17	Su Arıtma Tesisi İşgören Brüt Ücreti (YTL/ay)	
SA _e	0,279	Su Arıtma Tesisi Elektrik Gideri (YTL/dakika)	(4.67)
SAG	150	Su Arıtma Tesisi Kurulu Güç (kW)	
EF	0,086	Elektrik Birim Fiyatı (YTL/kWh)	
SA _{sarf}	100	Su Arıtma Sarf Gideri (YTL/ay)	
SA _{am}	333,3	Su Arıtma Tesisi Yıpranma payı Bedeli (YTL/ay)	(4.68)
SA _f	24000	Su Arıtma Tesisi Fiyatı (YTL)	
SAG	0,358	Su Arıtma Tesisi ile İlgili Giderler (YTL/dakika)	(4.65)

Çizelge 6.13 Genel Giderler ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
GA	1850,67	Atölye Giderleri (YTL/ay)	(4.70)
GY	4773,33	Yemekhane Giderleri (YTL/ay)	(4.73)
Gİ	3600	İdari Giderler (YTL/ay)	(4.76)
GA _{ig}	1719	Atölye İşgören Giderleri (YTL/ay)	(4.71)
GA _i	645,17	Atölye Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)	
P16	3	Atölye İşgören Sayısı	
GA _{sarf}	80	Atölye Sarf Giderleri (YTL/ay)	
GA _{am}	16,67	Atölye Yıpranma payı Gideri (YTL/ay)	(4.72)
GA _{iy}	8000	Atölye İlk Yatırım Bedeli (YTL)	
GA _{si}	35	Makina Parkı Sigorta Gideri (YTL/ay)	
GY _{ig}	1719	Yemekhane İşgören Giderleri (YTL/ay)	(4.74)
GY _i	645,17	Yemekhane Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)	
P17	3	Yemekhane İşgören Sayısı	
GY _{sarf}	190	Yemekhane Sarf Giderleri (YTL/ay)	
GY _{am}	14,33	Yemekhane Yıpranma payı Gideri (YTL/ay)	(4.75)
GY _{iy}	2800	Yemekhane İlk Yatırım Bedeli (YTL)	
GY _{ia}	2850	Yemekhane İaşe Gideri (YTL/ay)	
Gİ _i	3438	İdare İşgören Giderleri (YTL/ay)	
Gİ _{ig}	645,17	İdare Brüt İşgören Ücreti (YTL/ay)	(4.77)
P18	6	İdare İşgören Sayısı	
Gİ _{sarf}	120	İdare Sarf Giderleri (YTL/ay)	
Gİ _{am}	12,4	İdare Yıpranma payı Gideri (YTL/ay)	(4.78)
Gİ _{iy}	6000	İdare İlk Yatırım Bedeli (YTL)	
Gİ _{kr}	30	İdare Kırtasiye Gideri (YTL/ay)	
GG	2,93	Genel Giderler (YTL/dakika)	(4.69)

Çizelge 6.14. Kalite Maliyetleri ile İlgili Veriler ve Hesaplama Sonuçları

Simge	Değer	Açıklama	Eşitlik
KM _ö	255	Önleme Maliyetleri (YTL/ay)	(4.80)
KM _D	625	Değerlendirme Maliyeti (YTL/ay)	(4.81)
KM _B	4500	Başarısızlık Maliyeti (YTL/ay)	(4.82)
MT	30	Müşteri Talebini Tespit Maliyeti (YTL/ay)	
YU	0	Yeni Ürün Tasarlama Maliyeti (YTL/ay)	
YS	0	Yeni Sistem Tasarlama Maliyeti (YTL/ay)	
TA	70	Tedarikçi Arama Maliyeti (YTL/ay)	
TE	10	Tedarikçi Eğitim Maliyeti (YTL/ay)	
BS	50	Blok Seçen İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)	
SS	10	Stoktan Taş Seçen İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)	
BH	10	Blok Hazırlık İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)	
Sİ	50	Seleksiyon İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)	
Dİ	10	Dolgu İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)	
Aİ	5	Ambalaj İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)	
Tİ	20	Test Kontrol İşgören Eğitimi Maliyeti (YTL/ay)	
TSM	120	Taş Seçme Maliyeti (YTL/ay)	
BNM	60	Blok Nakil Maliyeti (YTL/ay)	
BSM	21	Blok Seçimi İşgören Maliyeti (YTL/ay)	
BHM	10	Blok Hazırlık İşgören Maliyeti (YTL/ay)	
KHS	20	Kesim Hattı Seçim İşgören Maliyeti (YTL/ay)	
KHM	20	Kesim Hattı Kontrol İşgören Maliyeti (YTL/ay)	
KHT	5	Kesim Hattı Test Maliyeti (YTL/ay)	
SM	30	Seleksiyon Masası İşgören Maliyeti (YTL/ay)	
EKM	50	Reçine Dolgu Kalite Test Maliyeti (YTL/ay)	
TUM	6	Teşhir Amaçlı Ürün Maliyeti (YTL/ay)	
FM	150	Fuar Kira Maliyeti (YTL/ay)	
FİM	50	Fuar İşgören Maliyeti (YTL/ay)	
AJM	2	Ambalaj Maliyeti (YTL/ay)	
KAM	80	Müşteri Karşılama Konaklama Maliyeti (YTL/ay)	
GM	1	Garanti Maliyeti (YTL/ay)	
KM ₂	2500	2.Kaliteye Ayrılan Ürün Maliyeti (YTL/ay)	
KM ₃	2000	3.Kaliteye Ayrılan Ürün Maliyeti (YTL/ay)	
KM _İ	0	Sevkiyat Sonrası İade Edilen Ürün Maliyet (YTL/ay)	
KalMal	0,797	Kalite Maliyetleri (YTL/dakika)	(4.79)

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye madencilik sektöründe her geçen gün önemi daha da artan doğal taş işleme tesisleri incelenmiştir. Mermer işleme tesisleri üretim sistemi üretim adımlarına bölünerek her bir adımda gerçekleşen işlemler matematiksel eşitlikler haline dönüştürülmüştür. Doğal taş işleme tesisleri üretim sistemi doğal taşların çıkarıldıkları ocaklardan başlamaktadır. Bu çalışmada mermer bloklarının çıkarıldıkları ocaklardan hammaddenin alınması ve mermer işleme tesislerine nakledilmesi adımından başlanarak, stoklanmaları, kesim hatlarının seçilmesi, blokların kesim hatlarına hazırlanmaları, kesim hatlarında işlenmeleri, boyutlandırma, kalibrasyon, cila, seçip ayıklama ve ambalajlama adımlarında meydana gelen her türlü maliyet ve kalite unsuru eşitlikler halinde ifade edilmeye çalışılmıştır.

21.yy rekabet anlayışı içinde kalite kavramının en önemli unsur olmasından hareketle mermer işleme tesisleri üretim sistemi içerisinde meydana gelen kalite maliyetleri, bu maliyetlerin tanımlanmaları, oluşumları, hesaplanmaları, sınıflandırılmaları ve kayıt altına alınmaları ile değişik yöntemler ile kontrol edilmeleri gibi çalışmalar yapılmıştır.

Ortalama bir mermer işleme tesisinde yapılabilecek kalite kontrol çalışmaları ve tüm maliyetlerin ve kalite maliyetlerinin hesaplanabilmesi için yardımcı olabilecek bir bilgisayar yazılımı çalışma kapsamında geliştirilmiştir. Yazılım ile bir mermer işleme tesisi kontrol edilebilmektedir.

Yazılım içerisine mermer işleme tesisleri ile ilgili olarak elde edilen bütün bilgiler yerleştirilmiştir. Mermer işleme tesisleri üretim sistemi içerisindeki herhangi bir makina ya da hat ile ilgili olarak istatistiksel kalite kontrolüne yardımcı olabilecek bir program penceresi, üretim sisteminin kontrol altında olup olmadığının yine istatistiksel bir model ile tahmin eden Montgomery-Klatt maliyet modeli uygulamasının gerçekleştirilebileceği bir program penceresi, kullanıcı tarafından seçilen bir üründen üretilen mermer ürünün maliyetinin ayrıntılı olarak hesaplanabildiği bir program penceresi, çalışma kapsamında önerilen kalite maliyetlerinin muhasebeleştirilebildiği

bir muhasebe sistemini içerisinde barındıran bir program penceresi gibi bir çok bileşenin yanında üretim sistemi içerisinde üretilebilecek bütün ürünler için toplam maliyetleri ve kalite maliyetlerini hesaplayıp tek bir program penceresinde görmek mümkün olmaktadır.

Maliyetlere bağlı olarak sistemin optimizasyona tabi tutulması ve en az toplam maliyet elde edebilmek için mermer işleme tesisinde hangi doğal taştan elde edilen hangi üründen ne miktarda üretilmesi gerektiğinin önerildiği bir üretim planlaması gibi bir çok özellik program içerisinde yer almaktadır. Bu penceredeki araçlar yardımı ile programın yardım aldığı ve önemli bir optimizasyon programı olan LINGO programı ile bağlantı kurulabilmektedir. Kurulan bu bağlantı sonucuda elde edilen sonuçlar yine geliştirilen bilgisayar yazılımı üzerinde gösterilmektedir.

Ayrıca çalışma kapsamında muhasebe kayıtları ile ilgili bir öneride bulunulmuştur. Klasik muhasebe sistemleri incelendiğinde kalite maliyetlerinin bu muhasebe kayıtları içerisinde gösterilmedikleri görülmektedir. Bir üretim sistemi toplam maliyetleri içerisindeki payı kimi zaman %20' lere ulaşacak kadar önemli olan kalite maliyetlerinin muhasebe sistemi içerisinde doğrudan doğruya gösterilmemesi bir eksiklik olarak değerlendirilebilir. Bu durum kalite maliyetlerinin üretim sistemi içerisinde meydana gelen maliyetler içerisinde ayıklanmasının ve sınıflandırılmasının çok zor olması ile açıklanabilir. Yine de bu çalışma ile mermer işleme tesisleri için üretim sistemi içerisinde meydana gelen kalite maliyetlerinin bir sınıflaması yapılmıştır. Bu sınıflama ve değerlendirmenin ardından kalite maliyetlerinin muhasebe sistemi içerisinde gösterilmelerinin yolları aranmış ve muhasebe sisteminin yeni eklemeler için boş tutulan sekiz numaralı hesabı kullanılarak bu işlemin gerçekleştirilebileceği değerlendirilmiştir. Sekiz numaralı hesap kalite maliyetleri hesabı için önerilmiş ve bu hesabın mermer işleme tesislerinin kalite maliyet ayrıntılarını uygun bir şekilde ifade edebilmesi için alt hesap adlarının ne şekilde düzenleneceği çalışması yapılmıştır.

Program tarafından kullanılan ve mermer işleme tesislerine ait bilgileri içeren yaklaşık 1300 değişkenin neredeyse tamamı kullanıcı tarafında değiştirilebilir hale getirilmiştir, bu sayede çalışma kapsamında gözlemlenen mermer işleme tesisleri ile

ilgili bilgileri içerisinde barındıran yazılım, istenildiğinde başka bir işletmeye ait bütün bilgileri içerisine alarak kullanılabilir özelliktedir.

Yapılan çalışma ile mermer işleme tesisleri üretim sistemi içerisinde ortaya çıkan kalite maliyetleri ilk kez tanımlanmış ve sınıflandırılmıştır. Bu maliyetlerin toplam maliyetler içerisindeki payının da yaklaşık %8-14 arasında değiştiği yine ilk kez hesaplanmıştır. Bu maliyetlerin klasik muhasebe kayıtları sistemi üzerinde yapılması önerilen değişiklik ile muhasebe kayıtları içerisine yerleştirilmeleri sağlanmıştır. Üretim sistemi küçük üretim adımlarına bölünerek her bir adımda meydana gelen maliyetler ayrıntılı olarak ortaya konulmuş ve sistemin kontrolü için önemli çalışmalar yapılarak istatistiksel sistem kontrolü gibi araçlar ortaya konulmuştur. Yine gerçekleştirilen yazılım ile yapılan eniyileme sayesinde yaklaşık 18 bin m²/ay üretim kapasitesi olan bir mermer işleme tesis için 16 bin YTL/ay maliyet azalması sağlanmıştır. Bu değişim üretilen her bir m² üretilen mermer için yaklaşık 1 YTL maliyet azalması anlamına gelmektedir ki ürün tipine bağlı olarak değişmekle beraber ortalama ürün maliyetinin 10 YTL/ m² olduğu düşünülürse maliyetlerde yaklaşık %10'luk bir azalma anlamına gelmektedir. Program yardımı ile kalite maliyetlerinin ortaya çıkarılması ve yine yazılım içerisine yerleştirilen kalite kontrol araçlarının kullanılması sonucunda bu değişimin daha büyük değerlere ulaşacağını söylemek mümkündür. Ayrıca program sistemin kalite endeksi değerini 108 olarak hesaplamıştır. Bu iyi bir kalite değerine karşılık gelmektedir.

Çalışmanın eksikliklerinden birisi –henüz- bir veri tabanına sahip olmamasıdır. Girilen kayıtlar geçici değişkenlerde saklanmaktadır. Ayrıca bir experts system (uzman sistem) algoritması ile stok ve blok seçimi yapılabilir. Bunun yanında sahadan alınan verileri işleyerek kendi eşitliklerini yenileyen bir öğrenen algoritma eklenebilir. Bir görüntü veri tabanı eklenerek alınan blokların ve satılan ürünlerin foto-arşivi yapılabilir.

Çalışmanın ve geliştirilen yazılımın mermer sektörüne bir katkı yapacağı umudu, harcanan yoğun emeğin dayanağı olmuştur.

8. KAYNAKLAR DİZİNİ

- Acar, H., 2003, Doğal Taşlarda Çatlak Tamir ve Gözenek Dolgu Sistemleri, Türkiye 4.Mermer Sempozyumu, TMMOB Maden M. Odası Yayınları, Afyon
- Anon, (a), 2004, <http://www.tbb.org.tr/turkce/thp.htm>
- Anon, (b), 2004, <http://www.altisigma.com>
- Aslan, D., 2001, Kalite Kontrol (Proses Kontrol ve Toplam Kalite), Dokuz Eylül Ün. Mühendislik Fak. Yayınları yayın No:284, İzmir
- Atay, M., 2003, Kalite Maliyetleri ve Tekdüzen Hesap Planına Göre Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Ün. SBE, İşletme Abd, Uluslararası Kalite Yönetimi Bilim dalı, İstanbul
- Bayram, D., 2000, İşletmelerde Performans Boyutu Olarak Kalite Verimlilik Maksimizasyonu ve Bir Uygulama Örneği, Doktora Tezi, Uludağ Ün. Sosyal Bil. Ens., İşletme Anabilim Dalı, Bursa
- Barutçugil, İ., 1988, Üretim Sistemi ve Yönetim Teknikleri, Bursa, Uludağ Ü, s.288
- Bergman, B. and Klesfjö, B., 1994, Quality From Customer Needs To Customer Satisfaction, McGraw Hill Book Co.
- Besterfield, H., Dale, 1990, Quality Control, New Jersey,Prentise Hall International, s.337
- Burnak, N., 1986, Çok Değişkenli Kalite Kontrolunda Maliyet Analizi, Doktora Tezi, Anadolu Ün. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir
- Burnak, N., 1988, Çok Değişkenli Kalite Kontrolunda Maliyet Analizi, Anadolu Ün. Yayınları, No:259, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları No:41, Eskişehir
- Burnak, N., 1997, Toplam Kalite Yönetimi-İstatistiksel Süreç Kontrolü-, Osmangazi Ün. Yayınları, Eskişehir.
- Büyükgüçlü, K., Petra Uluslararası Mermer Şirketi Sahibi, 2003, (Kişisel Görüşme)
- Chapman, S., 1991, Electric Machinery Fundamentals, Second Edition, McGraw Hill Book Co.
- Campanella, J., 1990, Principles of Quality Costs, Asqc Quality Pres, Winsconsin, USA

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Cesur, C., 1993, Kalite Maliyetleri Optimizasyonuna Çok Amaçlı Karar Verme Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, FBE, İstanbul
- Çankaya, F., 1999, Kalite Maliyetlerinin Muhasebe Açısından Değerlemesi ve Türkiye'deki Kalite Maliyet Uygulamaları, Karadeniz Teknik Üniv., SBE, Doktora Tezi, Trabzon
- Deliormanlı, A., Hamdi, 2000, Marble Processing Plant Design with The Aid of Computer Simulation, Doktora Tezi, DEU, İzmir.
- Demir, M., H., Gümüšoğlu, Ş., 1998, Üretim Yönetimi, Beta Yayım, s.430, İstanbul.
- Demirocak, Y., 2003, Fabrika İşletmeciliği, Mermer Mesleki Eğitim Seminer Notları, JMO Yayınları, Ankara
- Dinler, Z., 1988, Mikro Ekonomi, Uludağ Üniv. Basımevi, s.434.
- Durmuş, H, A., 1979, Envanterde Değerleme ve Muhasebe İşlemleri, İstanbul, s.149
- Düren, A. Z., 1990, İşletmelerde Kalite Çemberleri, İstanbul Matbaası, s.77-78
- Edmonds, P. and Thomas T., 1989, Analyzing Quality Costs, Management Accounting, pp.25-29
- Ekonomi Ansiklopedisi, 1988, Yatırım Maliyetleri Maddesi, Milliyet Yayınları, Milliyet Tesisleri, İstanbul
- Ersoy, A. H., 2002 Mermer İşletmelerinde Kalite Maliyetleri, OGU FBE., Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir
- Göknur, C., N., 2003, Ambalajlamanın Önemi ve Standartları, Mermer, Mesleki Eğitim Semineri, JMO Yayınları No:74, s.101
- Güleryüz, O., 2001, Kalite Maliyetlerinin Optimizasyonu, İTÜ FBE, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Gümüšoğlu, Ş., 2000, İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetim Araçları, 2. Baskı, Beta AŞ, İstanbul.
- Halaç, O., 1991, Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Evrim Dağıtım, s.9, İstanbul
- Halis, M., 2000, Paradigmadan Uygulamaya Toplam Kalite Yönetimi ve ISO-9000 Kalite Güvence Sistemleri, Beta Basım AŞ, İstanbul

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Imai, M., 1994, Kaizen: Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Anahtarı, Brisa Yayınları, İstanbul, s.10
- İşcil, N., 1975, İstatistiksel Kalite Kontrolü, Kalite Matbaası, Ankara, s.57-58
- Karaca, Z., 1997, Mermer İşleme Tesislerinin Teknik ve Ekonomik Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Ün. , FBE, Maden Müh ABD, İzmir
- Karapınar, S. ve Geyik, F., 2001, Toplam Kalite Yönetiminde Parayla İfade Edilemeyen Maliyet Kalemleri Üzerine Öneriler, 2. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul
- Kırlıoğlu, H. ve Gümüş, İ., 1994, Endüstriyel İşletmelerde Kalite Maliyet Sistemi, Adapazarı Standardizasyon ve Kalitenin Ekonomideki Yeri Konulu Sempozyum
- Koçel, T., 1998, İşletme Yöneticiliği, Beta Yayın, s.49, İstanbul.
- Konuk, A. ve Önder, S., 1999, Maden İstatistiği, OGÜ Yayınları, Eskişehir
- Kutlu, H. A., 2002, Toplam Kalite Maliyetlerinde Kalite Yönetimi, Doktora Tezi, Atatürk Ün. , Sosyal BE, ABD, Erzurum
- Lingo, 1999, Lingo User's Guide, Lindo Sys. Inc., 532 sayfa, Chicago, USA
- Mete, M., 2000, Kalite Maliyetlerinin Optimizasyonu ve Bir İşletme Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Ün. , SBE, İşletme Anabilim Dalı,
- Moore, L., C. and Jaedicke, R. K., (Çeviren:A.Peker), 1988, Yönetim Muhasebesi, İstanbul Ün. Yayın no.3486,1988
- Oğuzlar, A., 1998, Çok Değişkenli İstatistiksel Süreç Kontrolü ve Bir Uygulama Denemesi, Doktora Tezi, Uludağ Ün., SBE, Ekonometri ABD, Bursa.
- Oktay, E., 1998, Kalite Kontrol Grafikleri, Shewhart, Cusum ve Ewma Kontrol Grafiklerinin Şeker Sanayine Uygulanması Üzerine Bir Deneme, Şafak Yayınevi, Erzurum.
- Onargan, T., Köse, H., A.H., Deliormanlı, 2005, Mermer, TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.
- Oppermann, M., Sauer, W., Wohlrable, H., Optimization of Quality Costs, 2003, Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol 19, Is 1-2 p.135-140
- Önenç, D., İ., 2003, Tozlaşan Bloklar, 13-19-Ocak, Mermer Semineri, Jeoloji Müh. Odası, MTA, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam)

- Özden, A., 2000, Mermer Kesme ve Cilalama Teknolojisinde Kalite, Yüksek Lisans Tezi, FBE, SDÜ, Isparta.
- Özenci, T. ve Cumbul, L., 1993, Kalite Ekonomisi, Kalder Yayınları, İstanbul
- Özevren, M., 1997, Kalite Yönetimi, Alfa Yayınları, İstanbul.
- Saroğlu, K., M., Gökaşan, M., Boğosyan, S., 2003, Asenkron Makinalar ve Kontrolü, Elektrik Müh. Odası Yayınları, İstanbul.
- Sezginman, İ., 2001, Lineer Programlama Teori ve Problemleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Siso, O., 2002, Sanayi İşletmelerinde Kalite Maliyetleri ve Muhasebeleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Ün. , SBE, İşletme Bölümü, Isparta.
- Şakrak, M., 1997, Maliyet Yönetimi, Yasa Yayınları, İstanbul.
- Taha, Hamdy, A., 1992, Operations Research, Prentice Hall, Sixth Edition, Upper Saddle River, New Jersey 07458, pp.674
- Takeuchi, H., and Quelch, J., 1983, Quality is More Than Making A Good Product, Harvard Business Review , pp.143
- Tan, S, Peşkircioğlu, N, 1991, Kalitesizliğin Maliyeti, MPM Yayınları, No:316, Ankara, s.12
- Taylor, J. R., 1989, Quality Control Systems Procedures For Planning Quality Programs, Ny Mcgraw Hill Book Co.
- TSE-ISO9005, 1991, Kalite Sözlüğü, TSE, Ankara.
- Türkmen, K., Y., 2003, Ülkemizde Üretilen ve ABD-Uzakdoğu Pazarlarında İlgi Gören Bazı Doğal Taşların Radyoaktivite Özellikleri, Türkiye 4. Mermer Sempozyumu, TMMOB Maden Müh. Odası Yayınları, Afyon.
- Üstün, R., 1996, Maliyet Muhasebesi, Bilim ve Teknik Yayın Evi, İstanbul
- Üstünel, B., 1993, Tekdüzen Hesap Planı Uygulama Kılavuzu, Denet Yayıncılık İstanbul, s. 919
- Yıldız F., 1995, Mermer Sanayi İşletmelerinde Muhasebe Sistemi Afyon'da Bir Örnek Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Kocatepe Ün. , SBE., Muhasebe-Finansman ABD, İzmit

ÖZGEÇMİŞ

Özgür Akkoyun, 1972 yılında Selim’de dünyaya geldi. 1994 yılında Hacettepe Üniversitesi Maden Mühendisliği bölümünü bitirdi. 1995-1997 yılları arasında Eskişehir Magnesit AŞ’ne bağlı Kömürlük manyezit açık işletmesinde maden mühendisi olarak çalıştı. 1997-1999 yılları arasında Ankara SET Çimento Fabrikası hammadde ocağında (Dağyaka) maden mühendisi olarak çalıştı. Delme-Patlatma ve Mermercilik konularında Seminer sertifikaları ve Ulusal ve Uluslararası Kongre, sempozyum ve dergilerde yayınlanmış bildiri ve yayınları bulunan yazar evli ve iki çocukludur.