

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERMER ARTIKLARI HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNDE
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSAN TEZİ

FURKAN BÜYÜKBAYRAK

EKİM 2021

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MERMER ARTIKLARI HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNDE
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan BÜYÜKBAYRAK

DANIŞMAN: Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN

ZONGULDAK

Ekim 2021

KABUL:

Furkan BÜYÜKBAYRAK tarafından hazırlanan “Mermer Artıkları Hammadde Hazırlama Tesisinde Sürdürülebilirlik Ölçütlerinin İncelenmesi ve Analizi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
01/10/2021

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÇETİNER

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Suat DELİBALTA

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../20....

Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Furkan BÜYÜKBAYRAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MERMER ARTIKLARI HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN İNCELENMESİ VE ANALİZİ

Furkan BÜYÜKBAYRAK

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN

Ekim 2021, 83 sayfa

Bu tezin amacı; halihazırda var olan bir hammadde hazırlama tesisinin sürdürülebilirlik ölçütlerinin incelenmesi ve projelendirilmiş başka bir hammadde hazırlama tesisine sürdürülebilirlik ölçütleri çerçevesinde mevcut tesiste saptanan eksiklikleri, projelendirilmiş olan yeni tesiste iyileştirmeye yönelik çalışmalara değinmektir.

Çalışmada, öncelikli olarak, hammadde malzemesi olarak kullanılan mermer artıklarının endüstriyel alanda incelenmesi, dünya üzerindeki rezervlerin dağılımı, Türkiye’de çıkarıldığı bölgeler, artıkların ne şekilde değerlendirildiği ve bu artıkların kullanım alanları konularından bahsedilmiştir.

Artığı hammadde olarak değerlendirilebilen Marmara mermerinin işlendiği Marmara Adası’nda bulunan kalsiyum karbonat hammadde hazırlama tesisinin nitelikli mermer artığı seçiminde başvurduğu yöntemlerden, artıkların geçtiği kırma eleme işleminden nihai ürün eldesinin sevkiyatına kadar olan süreç detaylıca ele alınmıştır.

ÖZET (devam ediyor)

Mermer artıklarını değerlendirerek, kalsiyum karbonat hammaddesi elde edilen bir tesis için sürdürülebilirlik ölçütleri yedi maddede incelenmiş ve tartışılmıştır. Bunlar; yenilikçi üretim ölçütü, alternatif artıkların değerlendirilerek ekonomiye katkı sağlanması. İş sağlığı ve güvenliği ölçütü, maden ocaklarındaki faaliyetin azalıp alternatif hammaddeye yönelme sonucunda, ocaklarda gerçekleşecek iş güvenliği risklerinin de azalacak olması. Verimlilik ölçütü; alternatif hammaddeye yönelmekle beraber kalsiyum karbonat ihtivası daha yüksek artık kullanarak elde edilecek nihai ürün miktarında artış. Enerji ölçütü; mevcut lokasyonun yenilenebilir enerji potansiyelinin değerlendirilmesi ve proje tesiste hayata geçirilmesi. Çevre ölçütü; Hayata geçirilecek bu proje ile, yeraltı sularının kullanımı azalacak, maden ocaklarında operasyonların azalması dolayısıyla fosil yakıt tüketimi azalacağından dolayı karbon salınımına olumlu yönde katkı sağlanacaktır. Ekonomi ölçütü; artık olarak nitelendirilen ürünün hammadde olarak değerlendirilmesiyle döngüsel ekonomiye katkı sağlanacaktır. Sosyal gelişim ölçütü; Sosyal sorumluluk projeleriyle, yerel paydaşlarla (kolluk kuvvetleri, yerel yönetimler, okullar, hastaneler gibi) iyi ilişkiler geliştirmek ve onları kalkındırmak amaçlanmıştır.

Tezin son bölümünde, yatırımı planlanan tesise uygulanabilecek akıllı madencilik çözüm önerilerinden bahsedilmiştir. Bu çözüm önerileriyle amaçlanan; üretimin, bakım onarım işlemlerinin, stok yönetiminin ve sevkiyatın her aşamasının anlık izlenerek verilerin saklanması ve değerlendirilmesine müteakiben bu veriler doğrultusunda her aşamanın optimize edilmesiyle minimum enerji maksimum verim felsefesinden hareketle, faydalı üretimin sürdürülebilirliğini sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: Mermer, Sürdürülebilirlik, Akıllı Madencilik

Bilim Kodu: 607.01.00

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

INVESTIGATION AND ANALYSIS OF SUSTAINABILITY CRITERIA IN THE MARBLE RESIDUALS PROCESSING PLANT

Furkan BÜYÜKBAYRAK

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mining Engineering**

**Thesis Advisor: Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
October 2021, 83 pages**

The aim of this thesis; The aim is to examine the sustainability criteria of an existing raw material processing plant and to address the deficiencies identified in the existing plant within the framework of sustainability criteria with another projected raw material processing plant, and the studies aimed at improving the projected new plant.

In the study, it is mentioned about the examination of marble residues used as raw material in the industrial field, the distribution of reserves in the world, the regions where they are mined in Turkey, how the wastes are consumed and the usage areas of these residues.

The process from the methods used by the calcium carbonate raw material preparation plant on the Marmara Island, where the residues can be evaluated as raw materials, to the selection of qualified marble residues, from the crushing and screening process where the residues are passed, to the shipment of the final product are discussed in detail.

ABSTRACT (continued)

Sustainability criteria for a plant where calcium carbonate raw material is obtained by utilizing the marble residues are examined and discussed in seven criteria. These are, innovative production criterion, contributing to the economy by evaluating alternative wastes. Occupational health and safety criterion is that the occupational safety risks to be realized in the quarries will also decrease as a result of the minimize in the activity in the mines and the tendency towards alternative raw materials. Efficiency criterion; an improvement in the amount of final product to be obtained by using residues with higher calcium carbonate content, while turning to alternative raw materials. Energy measure; Evaluating the renewable energy potential of the current location and implementing the project at the facility. Environmental criterion; With this project to be implemented, the use of groundwater will be reduced and a positive contribution to carbon emissions will be made, as fossil fuel consumption will decrease due to the decrease in operations in mines. Economy criterion; A contribution to the circular economy will be made by evaluating the product, which is considered as a waste, as a raw material. Social development criterion; With social responsibility projects, it is aimed to develop and develop good relations with local stakeholders.

In the last part of the thesis, smart mining solution proposals that can be applied to the plant that is planned to be invested are mentioned. The aim of these solution proposals is; It is to ensure the sustainability of useful production, based on the philosophy of minimum energy and maximum efficiency, by optimizing each stage in line with these data, following the stock and evaluation of data by instantaneously monitoring every stage of production, maintenance and repair processes, stock management and shipment.

Keywords: Marble, Sustainability, Smart Mining

Science Code: 607.01.00

TEŞEKKÜR

Yazar, tez çalışmalarına yön veren çok değerli görüş ve katkılarından dolayı Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN'a, çok değerli katkılarından dolayı Maden Y. Mühendisi Toyga ÖZVER, Arş. Gör. Emre GÜNEY'a, tez çalışmalarında Aggflow programı ile modellemelerinden dolayı Maden Y. Mühendisi Orkun ÖKSÜZ'e; tez jürisi olarak katkılarından dolayı Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÇETİNER, Dr. Öğr. Üyesi Mahmut Suat DELİBALTA'ya ve daima maddi ve manevi destek oldukları için eşi Burcu BÜYÜKBAYRAK'a, kızı Eliz BÜYÜKBAYRAK'a sonsuz teşekkür borçludur.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL:	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xviii
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
 BÖLÜM 2 MERMER VE ARTIKLARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER	 3
 2.1 MERMER TANIMI VE KULLANIM ALANLARI	 3
2.2 DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE MERMER ENDÜSTRİSİNİN İNCELENMESİ	3
2.3 MERMER ARTIKLARI VE KULLANIM ALANLARI	6
2.4 DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE KALSİYUM KARBONAT ENDÜSTRİSİNİN İNCELENMESİ.....	7
2.4.1 Kalsiyum Karbonat Piyasaları	8
2.4.1.1 Kağıt	8
2.4.1.2 Plastik	9
2.4.1.3 Boya	9
2.4.1.4 Diğer Pazarlar.....	9
2.4.2 Kalsiyum Karbonat İçin Üretim Kapasitesi	9
2.4.3 Kalsiyum Karbonat Ticareti.....	11
2.4.4 Kalsiyum Karbonat Fiyatları.....	11
2.4.5 Türkiye’de CaCO ₃	11

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.4.6 Türkiye’deki Üreticiler	12
BÖLÜM 3 MARMARA ADASINDA KALSİYUM KARBONAT HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN İNCELENMESİ	 17
3.1 MARMARA ADASI VE JEOLJİSİ	17
3.2 MARMARA ADASI MERMER MADENCİLİĞİ VE FABRİKA TESİSLERİ	19
3.3 MARMARA ADASI KALSİYUM KARBONAT HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİ	 19
3.3.1 Mermer Blok Artıkları, Ön Kırma ve Nakliyat	19
3.3.2 Hammadde Hazırlama Tesisi Boyut Küçültme	21
3.3.2.1 Kırıcılar	23
3.3.2.2 Eleme ve Taşıma	25
3.3.2.3 Ürün Sınıflama ve Stoklama	26
3.3.2.4 Nihai Ürün Sevkiyat ve Yükleme	27
3.3.3 Kalite Kontrolü	29
3.4 MERMER HAMMADDESİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ	 30
3.5 TESİS ARTIKLARI İÇİN ALTERNATİF KULLANIM OLANAKLARI.....	31
BÖLÜM 4 MERMER ARTIKLARI HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	 33
4.1 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN İNCELENMESİ	35
4.1.1 Yenilikçi Üretim Ölçütü	35
4.1.2 İş Güvenliği Ölçütü.....	41
4.1.3 Verimlilik Ölçütü	44
4.1.4 Enerji Ölçütü	48
4.1.5 Çevre Ölçütü	54
4.1.6 Ekonomi Ölçütü	56

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
4.1.7 Sosyal Gelişim Ölçütü	56
4.2 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	58
4.3 HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN İNCELENMESİ	60
4.4 AKILLI HAMMADDE TESİSİ TASARIMI.....	64
4.4.1 Nakliye	66
4.4.2 Cevher Hazırlama	67
4.4.3 Stok Sahası Yönetimi.....	72
 BÖLÜM 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	 75
 5.1 SONUÇLAR.....	 75
 KAYNAKLAR.....	 79
ÖZGEÇMİŞ	83



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Türkiye'nin önemli mermer bölgelerini gösterir harita	4
Şekil 2.2 10 Yıllık Doğal Taş İhracatı (Milyon USD)	5
Şekil 2.3 2016 Yılı Doğal Taş İhracatının Ürün Gruplarına Göre Dağılımı (%).....	5
Şekil 2.4 Marmara Adası'nda bulunan ocaklar ve mermer artıklarının görünümü.	7
Şekil 2.5 2015 yılı Dünya'da kalsiyum karbonat hammaddesi kullanımının sektörlere göre dağılımı	8
Şekil 2.6 2015 yılı Dünya genelinde GCC ve PCC üretimlerinin kıtalara göre tonajlarını gösterir grafik.....	10
Şekil 2.7 2015 yılı kalsiyum karbonat üreticilerin üretim tonajları	10
Şekil 3.1 Marmara adası basitleştirilmiş jeolojik harita görünümü	18
Şekil 3.2 Marmara adası kalsit ve dolomitik mermer işletmelerinin uydu görünümü	18
Şekil 3.3 Kalsiyum karbonat hammaddesi üretilirken kullanılan mermer ocağı artıkları.	20
Şekil 3.4 Mevcut operasyonun artıklarını değerlendirdiği mermer ocaklarının konumları.	20
Şekil 3.5 Mermer blok artıklarının ön kırılması ve nakliyatı.	21
Şekil 3.6 Mevcut kırma eleme tesisinin akım şeması	22
Şekil 3.7 Kullanılan birincil çeneli kırıcı.	23
Şekil 3.8 Kullanılan ikincil çeneli kırıcı.....	24
Şekil 3.9 Merdaneli kırıcı.....	24
Şekil 3.10 Kırma eleme tesisinde bulunan elek ve eleme katları.....	25
Şekil 3.11 Tesiste bulunan bant konveyörler.	26
Şekil 3.12 Kırma eleme tesisinde stoklama için kullanılan teleskobik radyal konveyör.....	27
Şekil 3.13 Kırma eleme tesisinden saraylar limanı güzargahı.	28
Şekil 3.14 Gemi yüklemelerinde kullanılan mobil bunker ve konveyör kombinasyonu.	28
Şekil 3.15 Laboratuvar analizlerinde kullanılan ekipmanlar.	29
Şekil 3.16 Marmara adası mermer	30
Şekil 4.1 Sürdürülebilir kalkınma amaçları.....	34
Şekil 4.2 Sürdürülebilir mermer artıkları hazırlama tesisi için belirlenmiş olan ölçütler.	34
Şekil 4.3 Marmara Adası'nda bulunan mermer ebatlama fabrikalarının konumları.....	35
Şekil 4.4 Marmara Adası'nda bulunan mermer ebatlama fabrikalarının artıkları.	36

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.5 Paletli besleyici	37
Şekil 4.6 Çeneli kırıcı.....	38
Şekil 4.7 Konik kırıcı	38
Şekil 4.8 Yatırımı planlanan kırma eleme tesisi	39
Şekil 4.9 Şirketin iş güvenliği uygulamaları ve gelişimi.	43
Şekil 4.10 Mermer ocaklarında bulunan tel kesme makinelerinin üstten görünüşü.	44
Şekil 4.11 2016 – 2019 yılları arasında yaşanan plansız duruşların gösterildiği pasta dilim grafik.....	47
Şekil 4.12 Türkiye rüzgar hızı haritası ve Marmara Adası potansiyeli.....	49
Şekil 4.13 Marmara Adası rüzgar enerjisi santralı görünümü	49
Şekil 4.14 Portsan Mermer Çatı GES uygulaması.	51
Şekil 4.15 Adalar için bağımsız elektrik şebekesi modeli ve bileşenleri	53
Şekil 4.16 Adalarda proje uygulama bileşenleri	53
Şekil 4.17 Kırma eleme tesisinde kullanılan çökeltme havuzu.....	55
Şekil 4.18 Sosyal gelişim kapsamında aynı lokasyonda bulunan okula yapılan fen laboratuvarı.	57
Şekil 4.19 Çoklu ölçüt metodu ile yapılan değerlendirme sonucu.....	64
Şekil 4.20 Gartner analitik üstünlük modeli.....	65
Şekil 4.21 Akıllı çözümlerin uygulandığı tesis akım şeması	68
Şekil 4.22 Yük hücreli bant kantarı ve radar sistemi ile ölçüm yapan bant kantarı (Indurad). 69	
Şekil 4.23 Sıcaklık sensörü	70
Şekil 4.24 Akış ölçer	71
Şekil 4.25 Temsili optik ayırıcı bileşenleri	71
Şekil 4.26 Lidar sistemi.....	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 2015 yılı Türkiye’de kalsiyum karboat üretimi yapan şirketlerin yıllık kapasiteleri	12
Çizelge 3.1 Marmara Adası’nda bulunan mermer ocaklarının kırma eleme tesisine olan mesafeleri ve birincil hammadde tedarik oranları.....	21
Çizelge 3.2 Merdaneli kırıcı çıkış ürününün temsili tane boyut dağılım analizi.	25
Çizelge 3.3 Tesiste bulunan konveyör bantlara dair teknik bilgiler.....	26
Çizelge 3.4 Parlaklık ve sarılık sınır değerleri.	29
Çizelge 3.5 Marmara adası mermerine ait fiziksel ve mekanik özellikler	31
Çizelge 4.1 Marmara Adası’nda bulunan mermer ebatlama fabrikalarının üretim detayları ve kırma eleme tesisine olan mesafeleri.	36
Çizelge 4.2 Şirketin iş güvenliği hakkında yayımladığı protokoller.....	42
Çizelge 4.3 2012 yılında 4 – 38 mm ebatları aralığında yapılan üretim verimliliği.	44
Çizelge 4.4 2017 yılında 4 – 45 mm ebatları aralığında yapılan üretim verimliliği.	45
Çizelge 4.5 Merdaneli kırıcının çıkışından alınan numune içerisinde bulunan 4 mm ürünün analizi.....	45
Çizelge 4.6 Kırma eleme tesisinin 2016 ve 2019 yılları arasında yaşamış olduğu plansız duruşların detayları.	46
Çizelge 4.7 2016 ve 2019 yılları arasında tesisin mekanik arızalardan dolayı yaşamış olduğu plansız duruşların detayları.	47
Çizelge 4.8 2016 – 2019 yılları arasında plansız duruşlar kaynaklı üretim kayıpları.....	48
Çizelge 4.9 Mevcut tesiste bileşenler bazında ihtiyaç duyulan elektriksel güç ihtiyacı.	50
Çizelge 4.10 Çok ölçütlü karar verme yönetiminde kullanılan alt ölçütlerin temsil ettiği durumlara ait değerlendirmeler ve puanlar.	61
Çizelge 4.11 Çok ölçütlü karar verme yönteminde kullanılan alt ölçütlere ait önem sınıfları. 61	
Çizelge 4.12 Ölçütlerin hammadde tedarik alternatiflerine göre puanlandırılması.	61
Çizelge 4.13 Belirlenmiş olan ölçütlerin önem puanlaması.....	62
Çizelge 4.14 Tasarımı planlanan kırma eleme tesisinin sürdürülebilirlik kriterlerine göre hammadde kullanım alternatiflerinin değerlendirilmesi.	63



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

\$	: Amerikan Doları
°	: Derece
%	: Yüzde
t	: Ton
Sa	: Saat
µm	: Mikrometre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
km	: Kilometre
gr	: Gram

KISALTMALAR

GCC	: Ground Calcium Carbonate
PCC	: Precipitated Calcium Carbonate
DGCC	: Dry Ground Calcium Carbonate
WGCC	: Wet Ground Calcium Carbonate
MOA	: Maden Ocağı Artıkları
FA	: Fabrika Artıkları
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
M.Ö.	: Milattan Önce
MTY	: Milyon Ton Yıl

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

KW	: Kilowatt
GES	: Güneş Enerji Santrali
CSS	: Closing Size Setting
MW	: Megawatt
BMKP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
LoRA	: Station
LTE	: Soil and Water Assessment Tool
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
GAÜM	: Garntner Analitik Üstünlük Modeli
Iot	: Internet of Things
MES	: Manufacturing Execution System
Lidar	: Light Detection and Ranging
İMMİB	: İstanbul Maden ve Metaller İhracatçı Birlikleris

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerle birlikte, tüketimin çeşitlenmesi ve hızlanması, yakın gelecekte ortaya çıkacak kaynak yetersizliği sorununu gündeme getirmiştir. Gelecek nesillerin ihtiyaçlarının giderilebilmesini güvence altına alan sürdürülebilir kalkınma, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin üreticilerini hammadde, enerji ve doğal kaynak kullanımında en verimli ve tasarruflu yöntemleri aramaya sevk etmiştir. Bu bağlamda, yeniden değerlendirilebilme olanağı olan her artık, sürdürülebilir kalkınma ve döngüsel ekonomi için hayati önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasının esas amacı, halihazırda Marmara Adası'nda bulunan mermer ocak artıklarını kullanarak kalsit hammaddesi üreten tesisin incelenmesi ve var olan tesis yerine yatırımı planlanan yeni tesisin, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri çerçevesi dahilinde belirlenmiş olan, sürdürülebilirlik ölçütlerinin değerlendirilmesi ayrıca akıllı sistemler ile her aşamasının optimizasyonudur.

Yeni tesisin projesiyle birlikte hedeflenen sürdürülebilirlik ölçütleri; yenilikçi ve çevre dostu üretim, temiz enerji, döngüsel ekonomi, iş sağlığı ve güvenliği, kalite optimizasyonu, verim artışı olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte akıllı sistemlerin, yatırımı planlanan tesise uygulanması ile birlikte; anlık olarak enerji tüketimi, hammadde tüketimi, hammadde kalitesi, yeraltı suyu kullanımı ve tesise beslenen hammaddeye bağlı olarak nihai ürün eldesi takibi yapılabilmekle birlikte bakım onarım faaliyetleri için kestirimci yaklaşımı mümkün kılan makine öğrenimi sayesinde üretimin tüm basamaklarının yakından incelenebilmesine olanak sağlamak hedeflenmektedir. Tez çalışması beş ayrı bölümde sunulmuştur:

İlk bölümde; tez konusu, tez çalışmasının amacı, hedefleri ve kapsamı açıklanmıştır.

İkinci bölümde; mermer ve artıklarının kullanım alanları ile birlikte dünya ve Türkiye'de mermercilik sektörü ve mermer bazlı kalsiyum karbonat üretimi endüstrisi hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde; Marmara Adası jeolojisi, mermer madenciliği, mermer kesme fabrikaları ve mevcut üretim tesisinin detayları verilmiştir.

Dördüncü bölümde; belirlenmiş olan sürdürülebilirlik ölçütlerinin yatırımı planlanan tesis özelinde incelenmesi, değerlendirilmesidir. Ayrıca akıllı bileşenlerin değerlendirildiği bölümdür.

Son bölümde ise; çalışmada elde edilen bulgular ve sonuçlar özetlenmiştir.



BÖLÜM 2

MERMER VE ARTIKLARI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1 MERMER TANIMI VE KULLANIM ALANLARI

Mermer; kalsiyum karbonat (CaCO_3) ve dolomitik kalkerin ($(\text{CaMg})\text{CO}_3$)₂, yüksek ısı ve basınç altında istihale etmesiyle oluşan metamorfik bir kayaç türüdür (Önem 1997). Ağırlıklı olarak kalsiyum karbonat ihtiva etmekle beraber bileşiminde magnezyum karbonat da bulundurabilir. Oluşumuna bazı minerallerin de eşlik etmesiyle beraber mermer, karakteristik renk ve şekillerde oluşabilir. Bu mineraller, kayacın dayanım özelliklerini olumlu yönde geliştirir (DPT 1996).

Bünyelerinde bulunan minerallerin etkisiyle mermerler çeşitli renklerde çıkarılabilir. İhtiva ettiği mineral oranına göre mermerler; saf beyaz, çizgili, benekli ve damarlı olabilir.

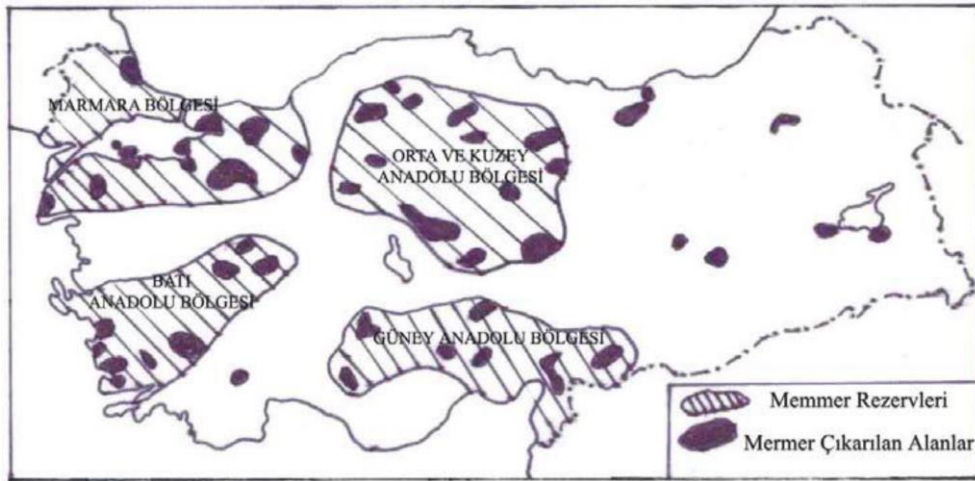
Mermerin kullanım alanlarını şu şekilde sıralanabilir; başta inşaat sektöründe (otel, iş yerleri, apartman, hamam, camii, mezar, anıt, saraylar) olmak üzere en fazla tercih edilen doğal taş mermerdir. Mermerin çıkarılıp işlenmesi için gereken teknolojinin gelişmesiyle birlikte, mermerin kullanım alanları da çeşitlenmiştir. Ev dekorasyonu, süs eşyaları ve takılarda kullanılan bir malzeme haline gelmiştir.

2.2 DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE MERMER ENDÜSTRİSİNİN İNCELENMESİ

Türkiye'de 5,2 milyar m³ yaklaşık olarak 14 milyar ton muhtemel mermer rezervi bulunduğu ifade edilmekte ve bunun, değişik kaynaklara göre dünya mermer rezervinin %33-40'ını temsil ettiği belirtilmektedir (Erkanol ve Aydınadağ 2013). Görünür rezerv ise, bugünkü verilere göre 4 milyar m³ işletilebilir mermer, 2,8 milyar m³ işletilebilir traverten, 1 milyar m³ granit olarak verilmektedir (Kacır 2017). 80 in üzerinde değişik yapıda ve 120'nin üzerinde değişik renk ve desende mermer rezervinin varlığı ifade edilmektedir (Torun 2012). Renk ve doku çeşidini 650 olarak ifade eden kaynaklar da vardır (Kacır 2017). Özetle, ülkemiz mermer yönünden oldukça zengindir.

“Boyutlandırılmış Taş” olarak da tanımlanan mermer, bilimsel ve ticari anlamda iki şekilde tanımlanmaktadır (Aycan 2007). Bilimsel anlamda; kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı vb. kayaların, ısı ve basınç altında metamorfizmaya uğraması sonucunda yeniden kristalleşmesi ile oluşan metamorfik bir kayadır. Ana mineralojik bileşen kalsittir. Yan mineraller ise kuvars, hematit, pirit, klorit vb. olabilir. Renkleri genellikle beyaz ve gri olmakta ise de, tali mineralin türüne göre sarı, kırmızı, mor, yeşil, siyah vb. renkler alabilmektedir. Ticari anlamda ise mermer; blok şeklini alabilen, kesilip işlenebilen, cilalandığında parlayan, dayanıklı her türlü kayadır. Kayacın cinsi ve içeriği ne olursa olsun, iyi cila kabul ettikleri takdirde mermer olarak kabul edilirler. Traverten ve oniksler başta olmak üzere granit, siyenit, diyabaz, gabro, andezit gibi kayalar da ticari olarak mermer kabul edilmektedirler. Bunların dışında mermeri oluşturan minerallerin bileşimi ve oranları, minerallerin tane boyutları, yapı ve dokuları, kayaç oluşum şekli, ekonomik şartlar ve ticari Pazar ve taşın rengine göre de mermerler sınıflandırılabilir.

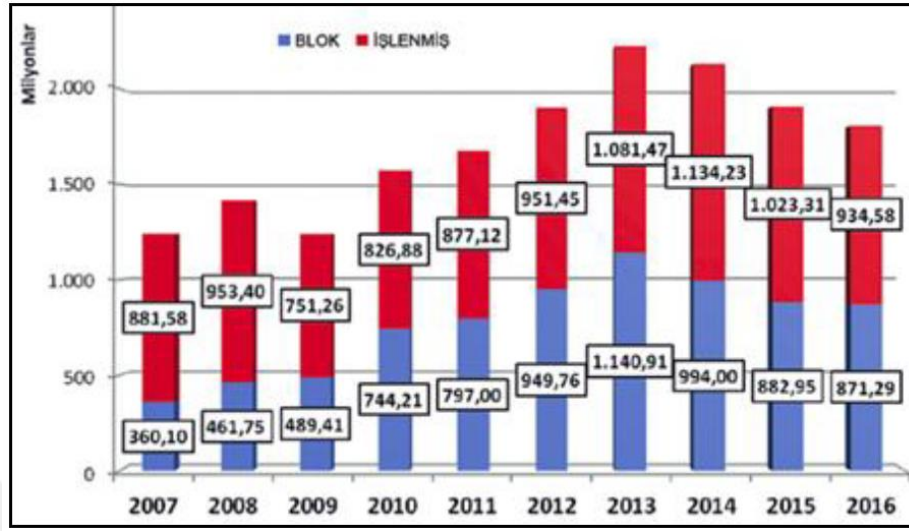
Türkiye’de mermer üretiminin yoğunlaştığı iller başta Balıkesir, Afyon, Bilecik, Muğla, Eskişehir, Denizli, Elazığ, Kayseri, Kırklareli, Bursa ve Diyarbakır, Adıyaman gibi illerdir. Türkiye’nin önemli mermer yataklarının bulunduğu yerler aşağıdaki haritada gösterilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Türkiye’nin önemli mermer bölgelerini gösterir harita (Çetin 2003).

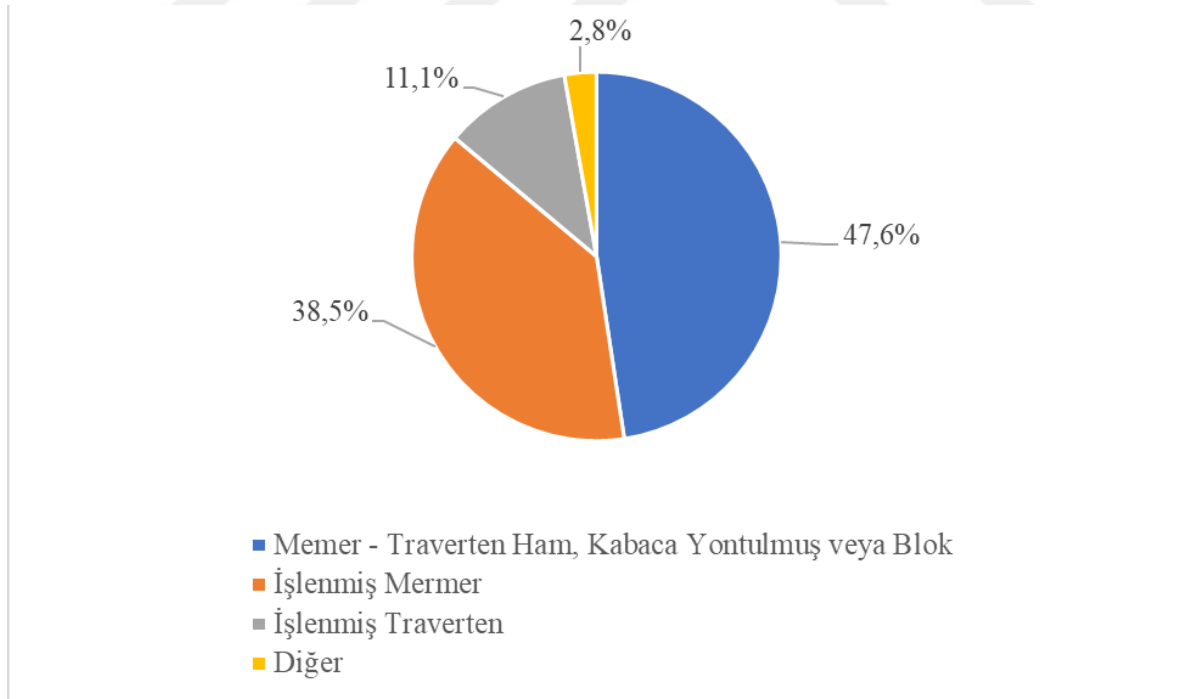
İMMİB verilerine göre 2016 yılında blok mermer-traverten ihracatı, 4,36 milyon ton ve 860 milyon dolar ihracat değeri ile toplam maden ihracatımız içinde en fazla ihraç edilen ürün olurken, işlenmiş mermer 1,53 milyon ton ve 695 milyon dolarla ikinci, İşlenmiş Traverten 436 bin ton ve 199,7 milyon dolarla beşinci sırada yer almıştır (İMMİB 2017). 2016 yılında doğal taş ihracatımız 2015 yılına göre miktarda %0,04 ve değerinde de %5,26 oranında azalış

kaydederek, 6,5 milyon ton karşılığı 1,8 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Aşağıdaki grafikte, son 10 yılda gerçekleşen doğal taş ihracatımız gösterilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 10 Yıllık Doğal Taş İhracatı (Milyon USD) –İMMİB 2017.

Dünya doğal taş ticareti potansiyelinin büyük bir kısmını oluşturan işlenmiş ürünler, 2016 yılında doğal taş ihracatımızdan yaklaşık %51,75 pay alırken, blok ürünler %48,25 pay almıştır. 2016 Yılı Doğal Taş İhracatının Ürün Gruplarına Göre Dağılımı Şekil 2.3 de görülebilir.



Şekil 2.3 2016 Yılı Doğal Taş İhracatının Ürün Gruplarına Göre Dağılımı (%) –İMMİB 2017.

Söz konusu dönemde, doğal taş ihracatının yapıldığı ülkelerin başında 729 milyon dolarla Çin Halk Cumhuriyeti gelmektedir. Bu ülkeye olan ihracatımızda bir önceki yılın aynı dönemine ssoranında artış kaydedilmiştir. Çin'i sırasıyla 288 milyon dolarla ABD, 119 milyon dolarla Suudi Arabistan, 71 milyon dolarla Irak ve 55 milyon dolarla Hindistan izlemektedir. (İMMİB 2016).

2.3 MERMER ARTIKLARI VE KULLANIM ALANLARI

Mermer madenciliği de bütün madencilik operasyonları gibi yenilenemez varlıkları işlemekte ve doğada tekrar eski haline getirilmesi mümkün olmayan kalıcı değişimlere neden olmaktadır. Telafisi mümkün olmayan tahribatlara neden olabilmesi mümkündür. Onun için sürdürülebilir sorumlu madencilik anlayışı ve kurumsal sosyal sorumluluk yaklaşımı ile çalışılması, belki bütün diğer sektörlerden çok daha önemlidir (Yılmaz 2020).

Mermer madenciliği doğal çevreyi bozması, topoğrafik yapıyı değiştirmesi, biyolojik yaşam ortamlarını tahrip edip, biyolojik çeşitliliğe zarar vermesi yanında, çevre üzerinde toz, gürültü ve su ve katı atık kirliliğine neden olmaktadır (Ashmole and Motloun 2008).

Mermer madenciliğinde işletmenin iki aşamasında katı mermer artığı oluşmaktadır: Ocakta blok çıkarma işlemi sırasında ve mermer bloğun ileri ürünlere dönüştürmek için işlenmesi aşamasında. Ocak işletmesi aşamasında oluşan artık miktarı, kayacın cinsine, mermer yatağının jeolojisine, morfolojisine, kayacın kristal yapısına ve dokusuna, seçilen işletme yönteminin ve işletme araçlarının uygunluğuna vb. faktörlere göre değişmekte ve oldukça yüksek oranlara çıkabilmektedir (Bağcı ve Karataş 2017). Mermer ocaklarındaki artık, genellikle moloz olarak tanımlanmaktadır. Bunlardan belli boyutun üzerinde olanlar normal bloklar gibi este makinalarında kesilerek işlenebiliyorsa da, verim, normal blok işlemeye göre oldukça düşüktür (Ersoy 2003). Ocaklarda tektonik yapıya bağlı olarak çok büyük ve şekilsiz parçalar elde edilir. Bunlar sonraki aşamada este veya katrak makinalarında işlenebilecek şekilde sayalama makinası ile kesilerek şekillendirilir. Bu artıkların çoğu zaman değerlendirilmesi mümkün olmamakta ve ocak etrafında biriktirmektedir (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Marmara Adası’nda bulunan ocaklar ve mermer artıklarının görünümü.

Bu mermer artıklarının değerlendirilmesi ile alakalı kısıtlı literatür bilgileri paylaşılacaktır. Bu bilgiler ışığında parça mermer artıkları; yol temel malzemelerinde (Ural ve Yakşe 2015), dere yataklarının ıslahında (Çavuş 2015), agrega üretiminde (Singh vd. 2015) kullanılırken, toz mermer artıkları ise betonda çimento ikamesi olarak (Singh vd. 2015), gaz beton üretiminde (Demir vd. 2014), seramik tuğla üretiminde (Dhanapandiana and Shanthib 2009), çöp atık sahalarında asit oranının düşürme amaçlı olarak kullanımları mevcuttur.

2.4 DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE KALSİYUM KARBONAT ENDÜSTRİSİNİN İNCELENMESİ

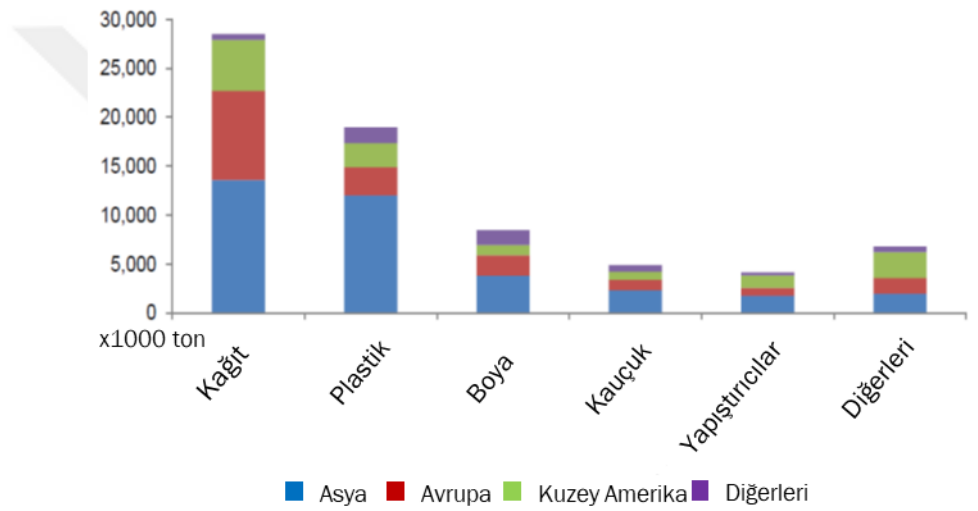
2015 yılında, dünya dolgu sınıfı kalsiyum karbonat tüketiminin, 67 milyon ton öğütülmüş “Ground Calcium Carbonate” (GCC) ve geri kalanı çökeltilmiş “Precipitated Calcium Carbonate” (PCC) malzemeden oluşan yaklaşık 81 milyon ton olduğu tespit edilmiştir (Roskill 2016).

GCC, genellikle yüksek parlaklıkta mermer veya kireçtaşı olan doğal kalsiyum karbonatın, üretim şekline bağlı olarak ıslak (WGCC) veya kuru (DGCC) ürünler üretmek için kaynaktan elde edilmesi ve öğütülmesiyle üretilir. PCC en yaygın olarak sönmemiş kireçten (CaO) ve karbon dioksitten (CO₂) karbonasyon işlemiyle üretilir. GCC, genellikle PCC'den daha düşük maliyetlidir ancak genellikle daha düşük saflık ve parlaklığa sahiptir. PCC sentetik bir üründür, dolayısıyla partikül boyutu, şekli ve partikül boyutu dağılımı, belirli son kullanım özelliklerini karşılayacak şekilde uyarlanabilir. PCC, yüksek performansını büyük maliyetini dengelemekten daha fazla olduğu yerlerde kullanılmaktadır. GCC ve PCC aynı nihai ürünlerde

kullanılabilir fakat düşük maliyeti ve yaygın hammadde bulunabilirliği nedeniyle GCC tüketimi çok daha yüksektir.

2.4.1 Kalsiyum Karbonat Piyasaları

Kağıt ve plastik endüstrileri, 2015 yılında toplam tahmini tüketimin sırasıyla yaklaşık %39 ve %27'sini oluşturan dolgu sınıfı kalsiyum karbonat için en büyük pazarlardır (Şekil 2.5). Asya, her iki son kullanımda da açık ara önde gelen pazardır. PCC, Asya plastik endüstrisi tarafından kullanılan kalsiyum karbonatın %20'sinden fazlasını oluştururken, bu oran diğer yerlerdeki %5 civarındadır. Bu, Asya'daki plastik endüstrisinin artan yoğunluğunu ve bölgede uzun süredir PCC kullanımını yansıtır.



Şekil 2.5 2015 yılı Dünya’da kalsiyum karbonat hammaddesi kullanımının sektörlere göre dağılımı (Roskill 2016).

2.4.1.1 Kağıt

Kağıt endüstrisi tarafından kalsiyum karbonat kullanımı artmaya devam etmektedir. Son yirmi yıl içerisindeki kullanım artışı ciddi anlamda yavaş bir orandadır. Artışın ana nedeni, başka yerlerdeki üretimdeki düşüşü fazlasıyla telafi eden Asya üretimindeki devam eden büyümedir. Asya'da kurulan yeni kağıt fabrikalarında genellikle GCC veya PCC üreten uydu fabrikaları bulunur. GCC hem dolgu hem de kaplama kaliteleri olarak, PCC ise esas olarak dolgu maddesi olarak kullanılır. Üreticiler yüksek maliyetli kağıt hamuru kullanımını azaltmaya ve son teknoloji fabrikalarda yüksek parlaklıkta kağıt talebini karşılamaya çalıştıkça diğer bir faktör de artan mineral kullanımının artmasıdır.

2.4.1.2 Plastik

Plastik endüstrisi, özellikle sert PVC'de dolgu maddesi olarak hem GCC hem de PCC'yi kullanır. Bu, büyük miktarlarda üretilir (2015'te 43 milyon ton'dan fazla) ve genellikle yüksek mineral kullanım oranlarına sahiptir. Sanayileşmiş ülkelerde PVC kullanımındaki büyüme, Avrupa dışında toparlansa da, 2008'den sonra inşaat faaliyetlerindeki düşüşten olumsuz etkilenmiştir. Giderek Çin'de yoğunlaşan Asya üretimi büyümeye devam etti ve 2015 yılına kadar tahmini dünya üretiminin %57'sini oluşturdu (Roskill 2016).

2.4.1.3 Boya

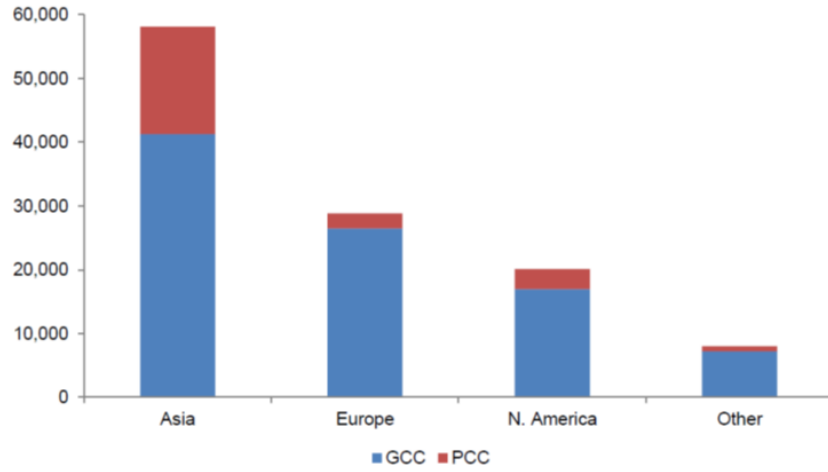
Boyada, titanyum dioksit gibi daha yüksek maliyetli pigmentlerin tüketimini azaltmak için kullanılan ana genişletici mineral kalsiyum karbonattır. En önemli pazar, kullanımı konut sektöründeki faaliyetle ilgili olan mimari kaplamalardır. Çin'in mimari boya üretimi 2010 ve 2015 yılları arasında yıllık bazda %4'ün üzerinde artarak tahmini 4,45 milyon tona ulaştı. Asya, 2015 yılında boyada kullanılan tüm kalsiyum karbonatın yarısından fazlasını oluşturuyordu ve Çin tüketimi, rapor edilen 2,25 milyon ton veya küresel toplamın yaklaşık dörtte biri kadardı. GCC, daha düşük fiyatı ve daha fazla kullanılabilirliği nedeniyle PCC'den daha yaygın olarak kullanılır. Ana istisna, PCC'nin tarihsel olarak GCC'den daha yaygın olarak bulunduğu Çin'dir (Roskill 2016).

2.4.1.4 Diğer Pazarlar

Diğer iki ana son kullanım, kauçuk ve yapıştırıcılar/sızdırmazlık maddelerini içerir. Kauçukta GCC ve PCC kullanımı sentetik ürünlerde yoğunlaşsa da doğal kauçukta daha küçük miktarlarda tüketilmektedir. Yapıştırıcılarda ve sızdırmazlık maddelerinde, GCC üretmek için kullanılan hammadde seçimi, son ürünün parlaklığını etkileyebilir. Tebeşir bazlı GCC, geleneksel olarak en yaygın kullanılan form olmuştur.

2.4.2 Kalsiyum Karbonat İçin Üretim Kapasitesi

Küresel kombine GCC ve PCC kapasitesinin, GCC (>92Mty) ve PCC (>23Mty) arasında bölünmüş yıllık 115 milyon tonu aştığı tahmin edilmektedir. Bu rakam aynı zamanda çoğunlukla Çin'de bulunan en az 5 milyon ton farklılaşmamış kapasiteyi de içermektedir. Küresel kapasitenin çoğunluğu Asya'da yer almakta olup, onu Avrupa ve Kuzey Amerika izlemektedir (Şekil 2.6).

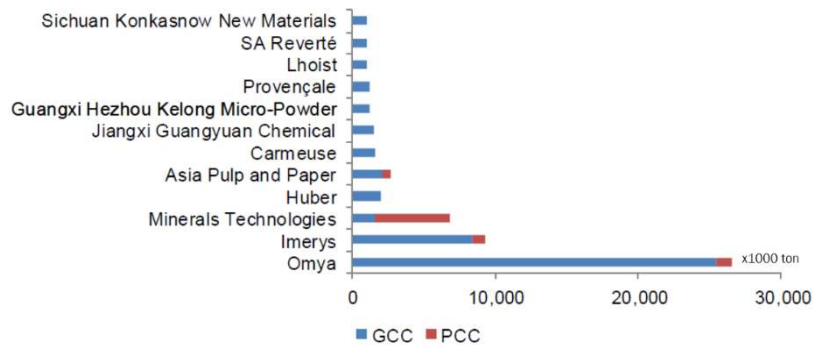


Şekil 2.6 2015 yılı Dünya genelinde GCC ve PCC üretimlerinin kıtalara göre tonajlarını gösterir grafik (Roskill 2016).

Üretim kapasitesi anlamında en yüksek ülke Çin (45 milyon ton) olup, ABD (17 milyon ton) ve ardından İspanya (3,6 milyon ton) izlemektedir. PCC kapasitesi, ulusal düzeyde GCC kapasitesinden daha yoğundur ve yaklaşık %60'ı Çin'de ve %12'si ABD'de bulunmaktadır (Roskill 2016).

Kalsiyum karbonat endüstrisi, çok az sayıda büyük çokuluslu üretici ve yüzlerce genellikle çok küçük üretici ile karakterize edilir. On iki şirket küresel kapasitenin yaklaşık yarısını kontrol ediyor ve önde gelen üç üretici (Omya, Imerys ve MTI) birlikte GCC kapasitesinin %40'ından fazlasını ve PCC kapasitesinin %35'inden fazlasını kontrol etmektedirler (Şekil 2.7).

Omya, 175'den fazla tesisteki yıllık 25 milyon tondan fazla kapasiteyi kontrol ederek açık ara en büyük GCC üreticisidir. PCC uydu tesisi teknolojisini geliştiren ABD'li MTI, dünya çapında yıllık 5,2 milyon ton (ve ABD'de 1,6Mtpy GCC) kapasitesiyle en büyük PCC üreticisidir (Roskill 2016).



Şekil 2.7 2015 yılı kalsiyum karbonat üreticilerin üretim tonajları (Roskill 2016).

2.4.3 Kalsiyum Karbonat Ticareti

Hem GCC hem de PCC, düşük değerli ve yüksek hacimli mallar olma eğilimindedir. Bu da uzun mesafelerde nakliye maliyetlerinin ciddi bir darboğaz oluşturmasına sebebiyet vermektedir. En büyük tek GCC ihracatı (>1.5Mty) Norveç'ten Finlandiya ve Hollanda'ya kağıt hamuru şeklindeyir. Diğer büyük GCC ticaret akışları da Hollanda ve Belçika'dan Avrupa içindedir.

2.4.4 Kalsiyum Karbonat Fiyatları

Belirlenen GCC fiyatları, hammaddenin partikül boyutu, rengi, kimyasal saflığı ve yüzey işleminin ilgilidir. ABD'de ıslak işleme yöntemleri kullanılarak üretilen ve kimyasal olarak işlemden geçirilmiş ince parçacık boyutu (<1µm) GCC'nin yayınlanmış fiyatı Nisan 2016'da 500 ABD \$/ton'dur.

PCC fiyatları, daha yüksek üretim maliyetleri nedeniyle benzer GCC derecelerine göre daha yüksek olma eğilimindedir. PCC için teklif edilen Birleşik Krallık fiyatları, 800 ABD \$/ton'a eşittir veya ince parçacık boyutlu GCC'nin iki katından fazladır. Nano veya farmasötik dereceler gibi daha yüksek dereceli ürünler, önemli bir fiyat avantajı sağlar. Tüketicilerin büyük üreticilerle on yıla kadar uzun vadeli tedarik sözleşmeleri olduğundan, kağıt kalitesi PCC fiyatları çok az değişiklik gösterme eğilimindedir. Uydu fabrikaları tarafından üretilen PCC için herhangi bir fiyat yayınlanmamaktadır.

2.4.5 Türkiye'de CaCO₃

Türk kalsiyum karbonat kaynakları, herhangi bir ülkenin en büyük ve en kaliteli kaynakları arasındadır. Özellikle mermer kaynakları, Marmara Adası ve Orta Anadolu'da bulunan ve silika ve demir oksitler gibi safsızlıkları da genellikle düşük olan, yüksek parlaklığa sahip hammaddelerdir. Bu yataklardan üretilen GCC, yerli ve yabancı boya, plastik ve kağıt sektörlerinde kullanılmaktadır.

Türkiye'nin mermer granüllerinin, parçacıklarının ve tozlarının ihracatı 2001'de 110.000 tondan 2012'de 880.000 tona yükseldi, ardından 2014'te 719.000 tona düştü. Artışın çoğu ilk olarak Belçika'ya sevk edildi, ayrıca İsveç'e ihracat 2007'de 8.000 tondan 262.000'e yükseldi. 2012'de 262.000 ton ve 2014'te hala 241.000 tondur. Belçika'ya yapılan sevkiyatlar hacimsel anlamda önemli ihracat getirisi sağlamaktadır ve yılda ortalama 140.000-150.000 tondur. Türk üreticiler ayrıca Rusya ve Ukrayna'daki tüketicilere yılda 40.000-60.000 ton tedarik gerçekleştirmektedir.

Uzun mesafeli ticaretin nadir bir örneği olan Güney Amerika'daki Brezilya ve Şili'ye de 40.000-50.000 ton gönderilmektedir (Roskill 2016).

2.4.6 Türkiye'deki Üreticiler

Türkiye'deki GCC ve PCC şirketlerinin bir özeti Çizelge 2.1'de gösterilmektedir. Türkiye'deki GCC kapasitesi son yıllarda keskin bir artışla 2,8 milyon ton/yıl'a yükselmiştir. Üretim üç alanda (Marmara Denizi'nin güney batısı, güney orta ve güney batı) yoğunlaşmıştır. Önemli miktarda ham ve bitmiş ürün Avrupa'ya ihraç edilmektedir. Hem Omya hem de Imerys güçlü bir varlığa sahip ancak yerli şirketler de önemli üreticiler. 2009 yılında Kombassan Grubu'nun Adaçal Endüstriyel Mineraller iştiraki Türkiye'deki ilk PCC tesisini açmıştır (Roskill,2016).

Çizelge 2.1 2015 yılı Türkiye'de kalsiyum karboat üretimi yapan şirketlerin yıllık kapasiteleri (Roskill 2016).

Şirket	Fabrika	Üretim Türü	Hammadde	Üretim Metodu	Kapasite (x1000ton)
Esen Mikronize	Gebze	GCC	Mermer	Yaş ve Kuru Öğütme	650
Omya	Karabiga	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	200
	Gebze	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	180
	Kemalpaşa	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	180
	Kırşehir	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	120
	Ara Toplam				680
Nidaş Mikronize Kalsit	Niğde	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	360
Anadolu Mikronize	Niğde	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	250
Niğtaş Mikronize Kalsit	Niğde	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	250
Kombassan Grup	Aksaray	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	100
	Aydın	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	s100
	Emirdağ	PCC	Kireçtaşı		30
	Ara Toplam				230
Imerys	Gebze	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	130
Micron's	Niğde	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	80
Erciyes Mikronize	Kayseri	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	75
Aydın Madencilik	Bursa	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	50
Meka Maden	Kaman	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	50
Barit Maden Türk	Osmaniye	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	30
Turmet	Eskişehir	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	24
Gülmer Madencilik	Bilecik	GCC	Mermer	Kuru Öğütme	10
Toplam GCC Kapasitesi					2.839
Toplam PCC Kapasitesi					30

Esen Mikronize, Kirişoğlu ailesine ait olup, Marmara Adası'nda kendi maden rezervlerinden 1 milyon ton yüksek parlaklıkta mermer çıkartır, kırar ve yıkar. Mermer, şirketin 700.000

ton/yıl DGCC ve 100.000 ton/yıl WGCC kapasiteli Tuzla-İstanbul'daki tesisine sevk edilmektedir. DGCC üretimi, boya, kağıt, kauçuk ve yapıştırıcılarda kullanım için 1-40µm kaplamalı ve kaplamasız derecelerde 16 ürün içermektedir. WGCC üretimi, kağıt ve boyada kullanım için 1-5µm ürünlerden oluşmaktadır. Şirket ayrıca Avrupa ve Kuzey Avrupa'daki diğer üreticilere GCC hammaddesi olarak kullanılmak üzere 20-130 mm boyutlarında elenmiş ve yıkanmış mermer kırıntıları ihraç etmektedir.

Omya'nın Türkiye'de tamamı Omya Madencilik Sanayi ve Ticaret iştiraki aracılığıyla yürütülen dört GCC operasyonu bulunmaktadır. Çanakkale Biga'da bulunan 250.000 ton/yıl kapasiteli Karabiga tesisi, mevcut mermer rezervlerini kullanarak DGCC üretmektedir. Bu rezervler, Manyas bölgesinden daha yüksek dereceli mermer ile desteklenerek kalite güçlendirilmektedir. Çoğu ürün ev içi boya, kauçuk ve plastik endüstrileri tarafından kullanılırken, bir kısmı kağıtta kullanılmaktadır. Ayrıca üretimin bir kısmı ihraç edilmektedir.

Kocaeli'deki 160.000 ton/yıl kapasiteli DGCC Gebze tesisi, İstanbul'dan çok uzak olmayan ana yerli boya üretim bölgesinde yer almaktadır. Tesisin üretimi için ana pazarlar boya ve plastiktir. Gebze'de DGCC'nin yanı sıra kaolin ve dolomit üretimi de yapılmaktadır.

175.000 ton/yıl kapasiteli DGCC Kemalpaşa tesisi ve mermer ocakları, batı kıyısında, İzmir'den içeride yer almaktadır. Hammadde, Yatağan bölgesindeki büyük rezervlerden elde edilen mermerdir. Ürünler çoğunlukla boya, plastik ve daha az ölçüde kağıtta kullanılmak üzere satılmaktadır. Bazı üretimler de ihraç edilmektedir.

Omya, diğer üç tesisine ek olarak, Türkiye'nin merkezindeki Kırşehir tesisinden tahmini olarak 110.000 ton DGCC üretebilir.

Nidaş Mikronize Kalsit, Niğde bölgesindeki çeşitli ocaklardan 1.35 milyon ton, Marmara bölgesinde ise 500.000 ton beyaz mermer çıkarmaktadır. Nidaş, Hosakowa Alpine şirketi tarafından tedarik edilen ve kurulan ekipmanı kullanan üretim tesislerinin ikiden ona çıkarılmasının ardından 360.000 ton/yıl DGCC üretim kapasitesine sahiptir. Üretim, PVC, plastik, boya ve kağıtta kullanım için kaplamalı ve kaplamasız kaliteleri içerir. Şirket, hammaddesinin beyazlığı ve saflığı nedeniyle gıda ve ilaçlarda kullanılmak üzere kaliteler de üretebilir (Roskill 2016).

Çolakoğlu İnşaat'ın bir parçası olan Anadolu Mikronize, 250.000 ton/yıl DGCC kapasiteli tesisin bulunduğu Niğde'de yer almaktadır. Tesis, ilişkili bir madenden ve Sazlıca'dan çıkarılan mermeri kullanmaktadır. Şirket, Andcarb® ticari adı altında hem kaplamalı hem de kaplamasız

ürünler üretmektedir. Nihai ürünler plastik, boya ve kağıtta kullanılır. Anadolu Mikronize, 2013 yılında Aksaray'ın kalsiyum karbonat madenlerini ve madenlerini işleyen Anka Mineral'i satın aldı. Diğer yan kuruluşlar ise AK Kalsit Hammadde ve Andchem and Endüstriyel Hammaddeler'dir.

Niğtaş Mikronize Kalsit, Orta Anadolu'nun Niğde ilçesine yakın bir aile işletmesidir. Ham mermer çıkarma kapasitesinin 2Mty olduğu tahmin edilmektedir. Şirket, Mikrokal iştiraki aracılığıyla Kırıkkale'de iki DGCC tesisi ve bir yüzey kaplama ünitesi işletmekte ve ultra ince kaliteler üretmektedir. Kapasite şu anda tahmini >150.000 ton mermer granülü ile 250.000 ton DGCC şeklinde bölünmüştür, bunun 50.000 ton/yıl kaplamalı kaliteler içindir. DGCC, kağıt ve plastik gibi uygulamalarda kullanılmak üzere satılmaktadır. Şirketin Rusya'da Intercarb adında bir yan kuruluşu mevcuttur.

Kombassan Mermerler ve Malzemeler grubu aracılığıyla mermer, GCC ve PCC üreten çeşitlendirilmiş bir Türk şirkettir. GCC, Hisar Madencilik iştiraki tarafından, PCC ise Adaçal Endüstriyel Mineraller tarafından üretilmektedir.

Hisar Madencilik, Aksaray ve Aydın'da tahmini toplam 200.000 ton/yıl (<5µm) kapasiteye sahip DGCC tesislerini işletmektedir. Mermer, Orta Anadolu'da Niğde (Aksaray) ve Yatağan'da (Aydın) bulunan iki ocaktan elde edilmektedir. Hisar, yerli kağıt, plastik ve boya sektörlerine malzeme tedarik etmektedir. İhracat, Ukrayna, Rusya, Orta Doğu, Romanya, Bulgaristan ve Moldova dahil olmak üzere ülke ve bölgelere yapılmaktadır.

Adacal Endüstriyel Mineraller iştirakinin Afyon yakınlarındaki Emirdağ'da 30.000 ton/yıl kapasiteli PCC tesisi bulunmaktadır. Üretim, adaCAL® ticari adı altında satılan, iki kaplamalı ve aktif olmak üzere beş kaliteden oluşmaktadır. Bunlar skanohebral, prizmatik veya eşkenar dörtgen parçacık şekillerine, 0.06-2.1µm parçacık boyutlarına, %96-97 parlaklığa ve 6-26m²/gr yüzey alanına sahiptir. Ürünler, kağıt, boya, plastik, gıda sektörlerinde kullanılır. Bunlara ek olarak kauçuk, plastik, kağıt ve kaplama pazarlarında dolgu maddesi olarak kullanılır.

Imerys, İstanbul'un yaklaşık 45 km doğusunda, Kocaeli-Gebze'deki Pelitli Köyü sanayi bölgesinde bir DGCC tesisi işleten Mikro Mineral iştiraki aracılığıyla GCC üretmektedir. Tesisin <5µm malzeme için tahmini 130.000 ton/yıl kapasitesi vardır. Mermer, yaklaşık 190 km uzaklıktaki Bursa, Orhaneli bölgesinde şirketin kendi madenlerinden temin edilmektedir. Bunlar, 52Mt olduğu tahmin edilen rezervlerden çok beyaz bir mermer üretmektedir. Mikrocarb 1'den (d₅₀=2µm) Mikrocarb 10'a (%20 <10µm) kadar çeşitli GCC ürünleri üretilmektedir.

Çelik ailesinin sahibi olduğu Sinpaş Grubu'nun bir parçası olan Micron's Marble, kendi madenlerini işleterek DGCC, dolomit, talk, barit, kaolin ve mika üretmektedir. Şirketin Niğde'de 250.000 ton/yıl kapasiteli bir maden işleme tesisi bulunmaktadır. Mikron's Marble'ın DGCC kapasitesi yaklaşık olarak 80.000 ton/yıl ve ürünler Turkcarb® ticari adı altında satılmaktadır.

Lime and Bricks Chemical'a ait olan Erciyes Mikron, Kayseri'de, hammadde olarak mermer kullanan 75.000 ton/yıl kapasiteli DGCC operasyonuna sahiptir. Erciyes, DGCC ürünlerinin tamamını üretmektedir ancak diğerk Türk şirketlerinin çoğunun üretmediğı daha ince kalitelere uzmanlaşmıştır. Erciyes, daha kaliteli ürünler için yerel pazarda Omya ile rekabet halindedir.

Aydın Madencilik'in Bursa Kalsit işletmesi, Gemlik-Bursa'da 50.000 ton kapasiteli DGCC tesisi işletiyor. Tesise Gemlik, Orhaneli ve Kemalpaşa'daki ocaklardan mermer tedarik edilmektedir. Üretim, plastik, kağıt ve boya endüstrileri için kaplanmamış ve kaplanmış DGCC ürünleridir.



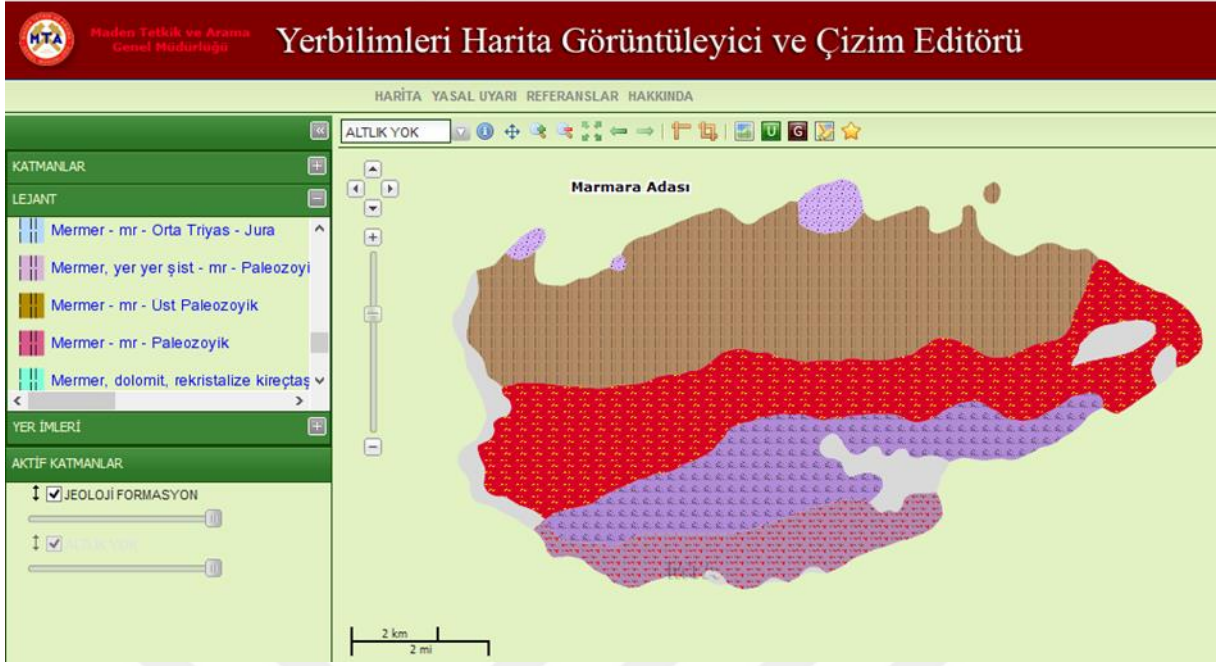
BÖLÜM 3

MARMARA ADASINDA KALSİYUM KARBONAT HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN İNCELENMESİ

3.1 MARMARA ADASI VE JEOLJİSİ

Günümüzde, artığı hammadde olarak değerlendirilebilen Marmara Mermeri'nin, tarih içerisindeki sürecinden bahsedilecek olursa; Marmara Adası'ndaki mermer üretimi M.Ö. 8. Yüzyıla kadar uzanmakta. Tarihi kaynaklarda, buraya yerleştiği bilinen ilk topluluk, adaya Prokonessos adını verdi ve buradan çıkarılan beyaz tasa, kelime anlamı kristal kaya olan 'Marmaros' dendi. Kayaca vermiş oldukları isim, tarihi süreçte evrilerek günümüzde kullanılan 'Marmara' halini aldı. Böylelikle maden ocaklarından çıkan bu kayaç bulunduğu adaya, etrafını saran denize ve bölgeye ismini verdi.

Adanın kuzeyinde doğu-batı doğrultusunda 2,5 - 3,5 km eninde bir kuşak boyunca uzanan mermerler, en yaygın kaya türünü oluştururlar. Kayaçta kalsitin dışında grafit bulunur. Mermerlerdeki ana petrografik değişimler metamorfizma derecesine bağlı olarak kuzeyden güneye doğru tane boyundaki kısmi artış ve kuzeyde gözlenen dolomitik mermerlerin güneye doğru gözlenememesidir. Bu özellik metamorfizma derecesinin adada kuzeyden güneye doğru arttığını gösterir (Aksoy 1999). Şekil 3.1'de Marmara adası ile ilgili basitleştirilmiş jeolojik harita verilmiştir. Mermer oluşumlarının ada kuzeyinde yer aldığı görülmektedir. Şekil 3.2'de ise ada üzerinde kalsit mermer ve dolomitik mermer işletmelerinin kullandıkları alanlar uydu görüntüsü üzerinden verilmiştir. Kalsit mermer işletme bölgesinin dolomitik mermere kıyasla çok daha fazla alan kapladığı görülmektedir.



Şekil 3.1 Marmara adası basitleştirilmiş jeolojik harita görünümü (MTA 2021).



Şekil 3.2 Marmara adası kalsit ve dolomitik mermer işletmelerinin uydu görünümü (Google Maps 2021).

3.2 MARMARA ADASI MERMER MADENCİLİĞİ VE FABRİKA TESİSLERİ

Marmara Adası mermer madenciliği M.Ö. 8. yüzyıldan itibaren yapılmaktadır. Gelişen teknoloji ile son yüzyılda üretim hacimleri ciddi oranda artmıştır. Marmara Mermer'i tarihi bir çok eserde kullanılmıştır; Topkapı Sarayı, Dolmabahçe Sarayı, Artemis Tapınağı ve Aya Sofya gibi. Günümüzde Marmara Adası üzerinde aktif olarak çalışan 40'ın üzerinde mermer ocağı bulunmakla birlikte 26 adet mermer işlemek için tesis bulunmaktadır. Marmara Adası'nda mermer üretimi diğer tüm mermer üreticilerinin yaptığı gibi 2 formda yapılmaktadır. Bunlardan ilki blok mermer üreticiliği, ikincisi ise işlenmiş mermer şeklindedir. Üretilen mermerin çok ciddi bir kısmı ihraç edilmektedir. Marmara Adası'ndan ihracatın en fazla yapıldığı ülkeler; Çin, İtalya, Amerika'dır (İMMİB 2017).

3.3 MARMARA ADASI KALSİYUM KARBONAT HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİ

2007 yılından beri Balıkesir iline bağlı Marmara Adası, Saraylar Mahallesi'nde üretimine devam etmekte olan, mermer artıklarını değerlendirme tesisi, günümüze kadar yaklaşık 5 milyon ton mermer artığını kalsiyum karbonat bazlı hammaddeye dönüştürmüştür. Dönüştürülen bu hammaddenin sanayideki kullanımı geniş bir alana yayılmaktadır (Kağıt, karton, boya, dolgu, hijyen, gıda). Mevcut operasyon günde 15 saatlik aktif çalışma süresine sahiptir. Bu süre 2 ayrı vardiya tarafından eşite saatlerde yürütülmektedir.

3.3.1 Mermer Blok Artıkları, Ön Kırma ve Nakliyat

Marmara Adası, blok mermer üretim hacmi yüksek olduğu kadar blok mermer üretimi veriminin yaklaşık olarak %10 seviyelerinde olması sebebiyle Şekil 3.3'de görüldüğü gibi mermer artıklarından hammadde üretimi için yüksek tonajlarda kaynak sağlamaktadır. Nitelikli mermer artığı seçimi için başvurulan yöntem, kayacın kalitesini gözle tayindir. Bu hususta dikkat edilen kriterler kayacın kristal yapısı, süreksizlik yüzeyindeki yan kayaç kontakları ve grafit ihtivasıdır.



Şekil 3.3 Kalsiyum karbonat hammaddesi üretilirken kullanılan mermer ocağı artıkları.

Mermer artıkları genellikle Şekil 3.4’de konumlarının görüldüğü 8 maden ocağından toplanmaktadır. Ocakların kırma eleme tesisine olan ortalama mesafeleri 3,4 km olmakla beraber çalışma yoğunluğu göz önüne alındığında, Çizelge 3.1’de son 3 yıl için geçerli olan hammadde tedarik yüzdeleri etkisi ile birlikte bu değer yaklaşık olarak 4 km seviyelerine yaklaşmaktadır.



Şekil 3.4 Mevcut operasyonun artıklarını değerlendirdiği mermer ocaklarının konumları.

Çizelge 3.1 Marmara Adası’nda bulunan mermer ocaklarının kırma eleme tesisine olan mesafeleri ve birincil hammadde tedarik oranları.

Hammadde Tedariki Sağlanan Mermer Ocakları ile Kırma Eleme Tesisi Mesafeleri (km)		Tedarik Yüzdeliği
1 Nolu Ocak	3,68	%23,53
2 Nolu Ocak	5,74	%20,97
3 Nolu Ocak	4,83	%15,82
4 Nolu Ocak	1,31	%9,28
5 Nolu Ocak	1,46	%7,57
6 Nolu Ocak	2,80	%13,80
7 Nolu Ocak	5,26	%91,00
8 Nolu Ocak	2,47	%8,13

Göz tayini ile kullanımına karar verilen artıkların ekskavatörlere bağlı hidrolik kırıcılar vasıtasıyla, en uzun kenarının maksimum 750 mm olması şartıyla, boyutunun küçültülmesi işlemi gerçekleştirilir. Şekil 3.5’te görüldüğü gibi boyutları küçültülmüş olan artıkların ekskavatörler aracılığı ile damperli kamyonlara yüklenecek şekilde ortalama tek yön mesafesi 4 km olan güzergah üzerinden kırma eleme tesisine nakliyatının gerçekleşmesi ile birlikte kırma eleme tesisine hammadde tedariki sağlanmış olmaktadır.

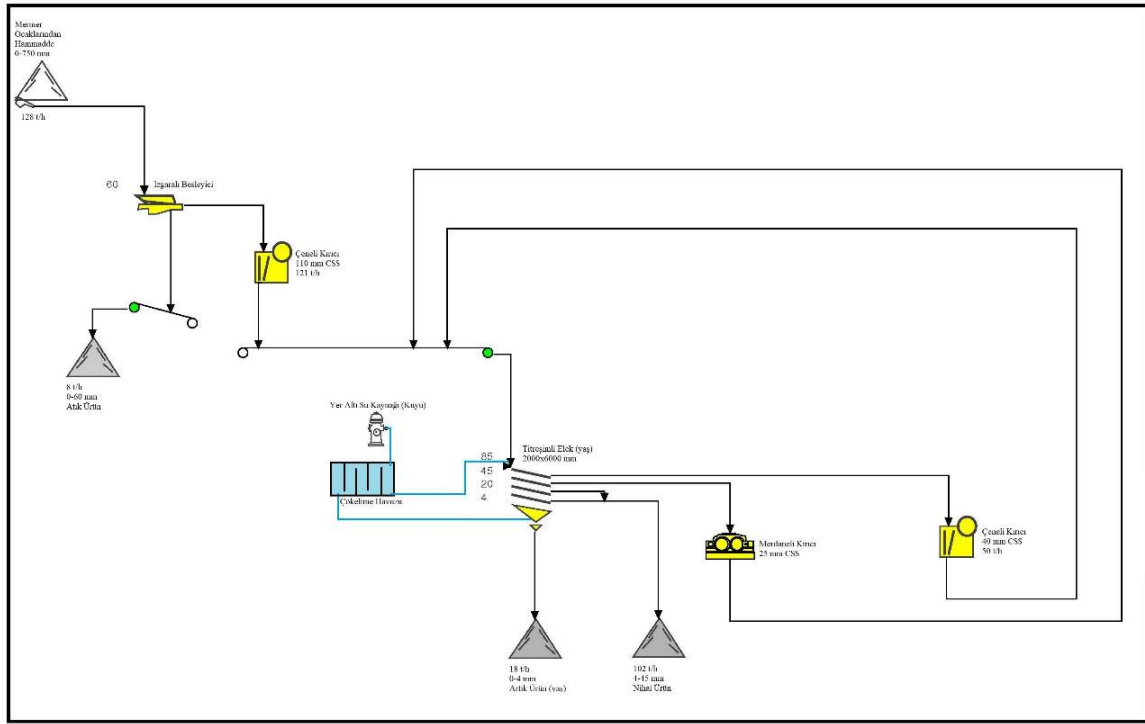


Şekil 3.5 Mermer blok artıklarının ön kırılması ve nakliyatı.

3.3.2 Hammadde Hazırlama Tesisi Boyut Küçültme

Farklı mermer ocaklarından, kırma eleme tesisine nakledilen artıklar, Şekil 3.6’da gösterildiği gibi üç aşamalı kırma işleminin ardından, elek üzerinde yıkanarak, 4-45 mm boyutları arasında olmak şartıyla, son ürün üretimi, radyal stoklama bandı ile yığınlar oluşturularak nihai ürün stoklanmaktadır. Süreç detaylandırılacak olursa, maksimum tane boyutu 750 mm olan ocakta

hidrolik kırıcı vasıtasıyla kırılan ve kamyonlarla tesise beslenen taşlar öncelikle 63 mm açıklığı olan ızgaralı besleyiciden geçerek içerisinde bulunan ince taneli ve topraklı kısmını by-pass malzemesi olarak tanımladığımız şekilde ayrıştırılır. 63 mm üzeri olan beslenen malzeme öncelikle çıkış açıklığı 160 mm olan birincil çeneli kırıcıya girdikten sonra yaklaşık 0-250 mm aralığında çıkışı gözlenmektedir. Bu ürün öncelikle elekten yıkanarak geçtikten sonra 85 mm üzeri ikincil çeneli kırıcıya, 45 mm üzeri merdaneli kırıcıya ve 4 mm – 45 mm arası ürün nihai ürüne gidecek şekilde devam etmektedir. İkincil çeneli kırıcının çıkışı açıklığı 45 mm olup çıkışından alınan en büyük tane boyutu yaklaşık 70 mm ürün tekrar elenmek ve merdaneli kırıcıya beslemek üzere elde edilir. Silindir kırıcı 45 mm – 85 mm arası tüm ürünlerin beslendiği kırıcı olup kullanım amacı talep edilen son ürünün boyutlarına düşürülmesini sağlamaktır.



Şekil 3.6 Mevcut kırma eleme tesisinin akım şeması (AggFlow'den yararlanarak).

2007 yılında yatırımı yapılan ve üretime başlayan bu tesis 10,850 m²'lik bir alana kurulmuş olup temel olarak üç kırıcı ve bir titreşimli elekten oluşmaktadır. Tesisin kırıcı ve elek ekipmanlarının tamamı yerli bir üretici olan Gürsan İnşaat firması tarafından sağlanmıştır.

Tesis, 558 KW kurulu elektrik gücü ile çalışmakta olup kurulumundan günümüze 4-45 mm boyutları arasında yapılan üretime, yaklaşık 100 ton/saat kapasitesi ile devam etmekte. Üretimin kalitesini, ürün tane boyut dağılımını sabit tutmak amacıyla, nihai ürün eldesinde, yaş

eleme tekniği uygulanmaktadır. Yaş eleme tekniğinde su tedariki, su sondaj kuyularından sağlanmakta ve ürün yıkaması, çökeltme havuzu ile kapalı sistem su döngüsü tarafından yapılmaktadır. Tesisin işleyişinde yer alan ekipmanların üretim akışı sıralamasına göre teknik detaylarından alt başlıklarda bahsedilecektir.

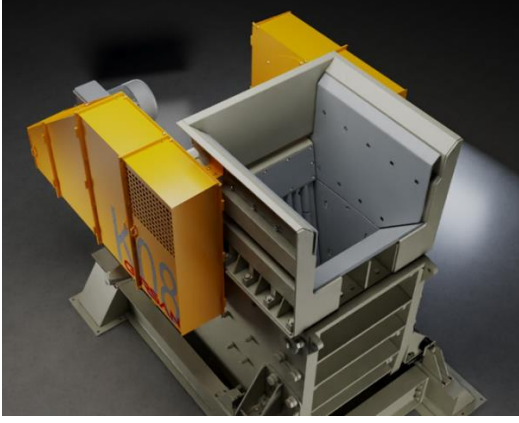
3.3.2.1 Kırıcılar

Gürsan marka P10 model çeneli kırıcı 28,000 kg ağırlığında, besleme ağız açıklığı (1100x900) mm olup 132KW'lik elektrik motoru ile çalışmakta. Şekil 3.7'teki bu kırıcının çıkış açıklığına göre teorik üretim kapasitesi saatte 200 ile 400 ton arasında değişmektedir.



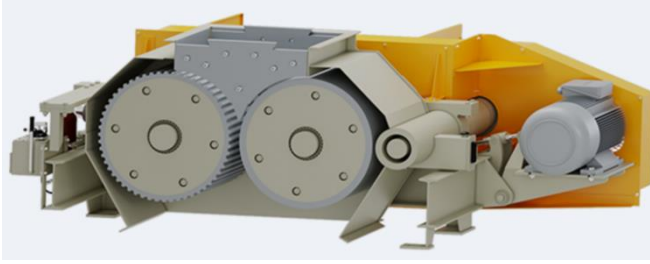
Şekil 3.7 Kullanılan birincil çeneli kırıcı.

Gürsan marka K09 model çeneli kırıcı 9500 kg ağırlığında, besleme ağız açıklığı (1100x350) mm olup 55KW'lik elektrik motoru ile çalışmaktadır. Şekil 3.8'de görülen bu kırıcının çıkış açıklığına göre teorik üretim kapasitesi saatte 55 ile 110 ton arasında değişmektedir.



Şekil 3.8 Kullanılan ikincil çeneli kırıcı (Gürsan).

Şekil 3.9’da görülen Gürsan marka SK25 model merdaneli kırıcı elektrik motoru hariç 12,000 kg ağırlığında, merdane ölçüleri (çap:1016 uzunluk:900) mm olup 110KW’lık elektrik motoru ile çalışmakta. Bu kırıcının en fazla besleme ağız açıklığı 127 mm olup çıkış açıklığına göre teorik üretim kapasitesi saatte 344 ile 455 ton arasında değişmektedir. Çizelge 3.2’de görüleceği gibi merdaneli kırıcı, 0 – 4 mm olarak ayrılan kırma eleme tesisinin artık malzemesini, yapılan temsili tane boyut analizine istinaden ciddi oranda artırmaktadır.



Şekil 3.9 Merdaneli kırıcı (Gürsan).

Çizelge 3.2 Merdaneli kırıcı çıkış ürününün temsili tane boyut dağılım analizi.

Merdaneli Kırıcı Çıkışı Tane Boyut Dağılımı			
Tane Boyutu (mm)	Gram	Dağılım	
50 - 63	575.50	%1.83	%90.26
35.5 - 50	7,269.70	%23.08	
20 - 35.5	13,346.50	%42.37	
10 - 20	5,188.70	%16.47	
4 - 10	2,050.40	%6.51	
0 - 4	3,066.30	%9.74	%9.74
Toplam	31,497.10	%100.00	%100.00

3.3.2.2 Eleme ve Taşıma

Tesiste eleme için kullanılmakta olan elek, Gürsan marka E06 model titreşimli (2000x6000) mm ebatlarında 4 katlı, toplamda 48 m² eleme alanına sahip olup 18.5 KW'lik elektrik motoru ile çalışmaktadır. Elek katlarını oluşturan ızgaralar, Şekil 3.10'da görüldüğü gibi sırası ile 85 mm, 45 mm, 20 mm ve 4 mm olarak tasarlanmıştır. Nihai ürün aralığında kullanılan 20mm'lik eleğin kullanım amacı, eleme alanını artırarak 4 mm altı ürünün en verimli şekilde nihai üründen uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Elek üzerinde ve katlar arasında bulunan metal su borusuna bağlı fiskiyelele ürünü yıkayarak kalitesini en üst düzeyde tutmak ve tane boyut dağılımını sabitlemek amaçlanmıştır.



Şekil 3.10 Kırma eleme tesisinde bulunan elek ve eleme katları (Gürsan).

Kırma eleme tesisinde taşıma Şekil 3.11'de gösterildiği gibi konveyör bantlar ile yapılmaktadır. Konveyörler de 2007 yılında mevcut tesisin yatırımı kapsamındadır. Kırma eleme tesisinde bulunan konveyörlerin toplam uzunluğu yaklaşık olarak 175 m'dir. Konveyörün teknik detayları Çizelge 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.11 Tesiste bulunan bant konveyörler.

Çizelge 3.3 Tesiste bulunan konveyör bantlara dair teknik bilgiler.

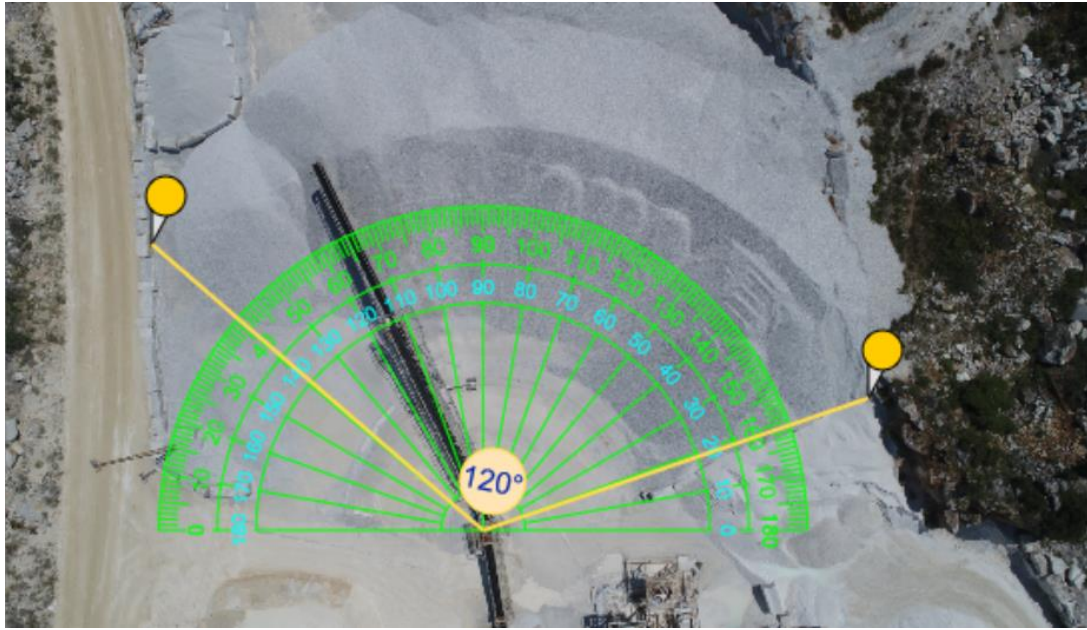
Konveyör No	Konveyör Uzunluğu (m)	Lastik Bant Eni (mm)	Lastik Bant Kalınlığı (mm)	Elektrik Motor Gücü (KW)
a	8,4	1000	15	7,5
b	19,39	650	10	5,5
c	34,72	1000	12	18,5
d	19,7	750	10	7,5
e	16,55	650	10	5,5
f	17,5	800	12	7,5
g	12,66	800	10	5,5
ğ	16,02	800	10	7,5
h	13,5	800	12	7,5
ı	17,5	650	10	5,5
i	41.9	1200	15	18,5

3.3.2.3 Ürün Sınıflama ve Stoklama

Kırma eleme tesisinin 2 ayrı ürün eldesi vardır bunlar; 0 – 4 mm ebatları arasında olan tesis artığı olarak kabul edilen ürün ve 4 – 45 mm ebatları arasında olan nihai ürün olan kalsiyum karbonat hammaddesidir.

2014 yılında kırma eleme tesisine eklenen stoklayıcı konveyör bant (Şekil 3.12), lastik tekerlekli yükleyici ile stok yığınları yapılırken hem iş güvenliği risklerini ortadan kaldırmış

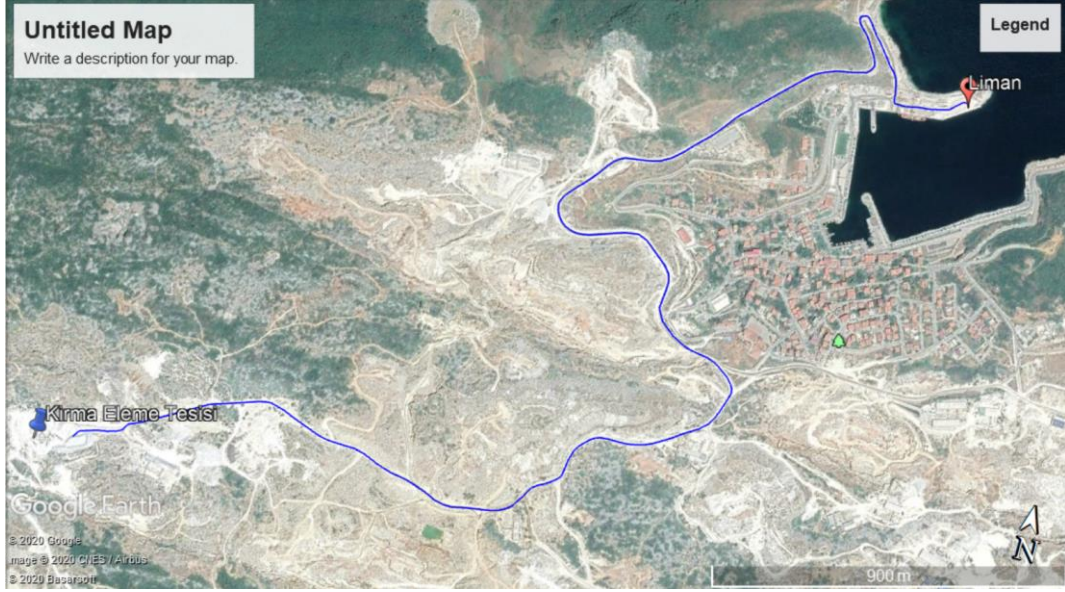
hem de motorin tüketimini sıfırlamıştır. Söz konusu konveyörün tam uzunluğu 42 m olup 18,5 KW'lık elektrik motoru ile çalıştırılmaktadır. Bu makine ile birlikte stok alanının daha efektif şekilde kullanılması sağlandı. Ayrıca gerektiğinde kalite ve boyut bazlı üretimlerin ayrı bölgelerde rahatlıkla stoklanmasına imkan tanındı. Ancak bant, bu tesiste stok alanının yapısı sebebiyle, 180° tarama yapabilecekken ancak 120°'lik alanda stok yapabilmekte olup en fazla 28,000 – 30,000 ton arası yığın oluşturmaktadır. Bu kayıp, stok konveyörüne alan genişletme imkanı ile birlikte 45,000 ton kadar stok yapma kabiliyeti sağlayacağı öngörülmüştür.



Şekil 3.12 Kırma eleme tesisinde stoklama için kullanılan teleskobik radyal konveyör.

3.3.2.4 Nihai Ürün Sevkiyat ve Yükleme

Mevcut tesiste, hammadde satışının sevkiyatını yalnızca deniz yolu ile sağlanmaktadır. Bu kapsamda Saraylar Limanı'na yanaşan kuru yük gemilerine, dökme yükleme yöntemi ile yükleme yapmaktadır. Yükleme işlemi tesiste stok alanında bulunan nihai ürün stok yığınlarının damperli kamyonlar ile Şekil 3.13'de güzergahı görülen ve 4.3 km uzaklıkta bulunan Saraylar Limanı'na kadar taşındıktan sonra mobil bunker ve mobil konveyör bant sistemi kullanılarak tamamlanmaktadır.



Şekil 3.13 Kırma eleme tesisinden saraylar limanı güzargahı.

Şekil 3.14’de gösterilen bunker ve konveyör bant kombinasyonu bu sistem saatte ortalama 300 ton kadar yükleme yapabilmektedir. Bunker ve yüklenen gemiler, aynı şirketin Belçika ve İsveç’te bulunan, mikronize kalsit üretimi yapan fabrikalarına hammadde olarak gönderilmektedir. Gemi yükleme işlemleri esnasında üretimde kullanılan damperli kamyonlar kullanıldığı için kırma eleme tesisinde üretim gerçekleşmemektedir. Dolayısıyla yıl içerisinde yaklaşık 60 gün gemi yüklemeleri sebebiyle üretim yapılamamaktadır.



Şekil 3.14 Gemi yüklemelerinde kullanılan mobil bunker ve konveyör kombinasyonu.

3.3.3 Kalite Kontrolü

Artıkların, kalsiyum karbonat bazlı hammaddeye dönüştürüldüğü süreçte, nihai ürüne giden konveyör bandın üzerinde konumlandırılmış otomatik numune alıcısı vasıtasıyla, her 20 dakikada bir pnömatik sistem ile bant üzerinden numuneler almaktadır. Alınan bu temsili numune öncelikle tesis içerisinde bulunan laboratuvar ölçekli çeneli kırıcıdan geçirildikten sonra elenerek numune hazırlığının ilk aşaması tamamlanmış olur. Sonrasında üç farklı öğütücüden geçirilen numune, %90'i 2 mikron altında olacak şekilde optik ölçüm yapılarak numunenin, parlaklık ve sarılık değerleri tespit edilir.

Tesisteki laboratuvar, ürünün kullanılacağı endüstrinin belirlediği kalite standartları Çizelge 3.4'te verilmiş olup yapılan analizler sonucu (parlaklık ve sarılık) uygunluğunu onaylar. Laboratuvarda kullanılan ekipmanlar Şekil 3.15'de gösterilmiştir.



(a) pilot çeneli kırıcı



(b) öğütücü



(c) sulu öğütücü



(d) optik okuyucu

Şekil 3.15 Laboratuvar analizlerinde kullanılan ekipmanlar.

Çizelge 3.4 Parlaklık ve sarılık sınır değerleri.

Test	Parlaklık alt sınır değeri (L*)	Sarılık üst sınır değeri (b*)
Kaba Öğütme (%20, 2Mikron altı)	90	1.6
İnce Öğütme (%90, 2Mikron altı)	94.5	0.4

3.4 MERMER HAMMADDESİNİN FİZİKSEL, KİMYASAL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Karbonatlı sedimanter kayaçlar %50'nin üzerinde karbonat minerali içeren kayaçlar olarak sınıflandırılmaktadır. Ana mineral olarak kalsit (CaCO_3) içerenlere kireçtaşı, dolomit içerenlere ise dolomit denir. Marmara Adası Mermeri neredeyse saf kalsit mineralleri içermektedir. Ağırlıklı olarak kalsit minerallerinden meydana gelmiş olan kayaçtaki kalsit kristalleri orta ve iri tanelidir (Şekil 3.16). Marmara adası mermeri tescil işlemleri için kullanılan kimyasal analiz verileri yaklaşık %99 oranında mermerin kalsitten (CaCO_3) oluştuğunu göstermiştir. Mermer kayaç yapısında önemli olabilecek derecede kırık ve çatlak sistemleri bulunmadığı için masif bir özellik göstermektedir.



Şekil 3.16 Marmara adası mermer (URL-1).

Marmara adası mermeri ile ilgili fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 3.5'te verilmiştir. Analiz verilerinden Marmara mermeri veya kalsitin kaya malzemesinin yoğun ve gözeneklilik ile su emme özelliklerinin oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Dayanım açısından (basınç, eğilme, çekme vb.) da iyi bir dayanıma sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, Marmara mermerini, rengi ve gelişmiş kristal yapısı yanında, dayanım açısından da değerli kılmaktadır. Marmara mermerindeki safa yakın yüksek kalsit oranı mermer artıklarından yüksek kalitede mikronize kalsit gibi ürünlerin uygun hammadde hazırlama işlemleri neticesinde üretilmesini sağlamaktadır.

Çizelge 3.5 Marmara adası mermerine ait fiziksel ve mekanik özellikler (URL-1).

Deney Adı	Birim	Sonuç	İlgili Standart
Birim Hacim Ağırlık	gr/cm ³	2,68	TS 699
Özgül Ağırlık	gr/cm ³	2,70	TS 699
Atmosfer Basıncında Su Emme (Ağırlıkça)	%	0,19	TS EN 13755
Atmosfer Basıncında Su Emme (Hacimce)	%	0,53	TS EN 13755
Kaynar Suda Su Emme (Ağırlıkça)	%	0,27	TS EN 13755
Kaynar Suda Su Emme (Hacimce)	%	0,59	TS EN 13755
Porozite	%	0,53	TS 699
Basınç Dayanımı	kgf/cm ²	871,3	TS EN 1926
Don Sonrası Basınç Dayanımı	kgf/cm ²	796,7	TS 699
Darbe Dayanımı	kgf/cm ²	20	TS 699
Eğilme Dayanımı	kgf/cm ²	74,2	TS EN 12372
Doluluk Oranı	%	98,57	TS EN 1936
Gözeneklilik Derecesi	%	1,43	TS 699
Aşınma	cm ³ /50cm ³	13,5	TS 699
Çekme (Brazilian) Dayanımı	kgf/cm ²	91,7	TS 699

3.5 TESİS ARTIKLARI İÇİN ALTERNATİF KULLANIM OLANAKLARI

Mermer ocağı artıklarının hammadde olarak kullanmak üzere işlem gördüğü tesisten çıkarılan bir ikincil artık malzeme bulunmaktadır. Hedeflenen pazara uygun tane boyut dağılımında olmayan bu ikincil artıklar için de çeşitli kullanım alanları mevcuttur.

Artık, yüksek oranda kalsiyum karbonat içeriyor olduğu için kümes hayvanlarının yemlerine katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu yem malzemesi, tavukların yumurtalarının kabukları için ihtiyaç duyduğu kalsiyum miktarını karşılar. Dünyada örnekleri bulunan yapay kumsallar için iyi bir plaj dolgusudur (Thasos- Marble Beach). Epoksi ve artık malzemenin karışımından yapılan masa ve süs eşyalarında kullanılır. Akvaryum ve terrarium için taban dekor malzemesi olarak da kullanılmaktadır.



BÖLÜM 4

MERMER ARTIKLARI HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Sürdürülebilir Kalkınma gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağından ödün vermeksizin günümüz kuşaklarının ihtiyaçlarını karşılayabilecek bir kalkınma modeli olarak ifade edilebilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma anlayışı, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişme hedeflerinde ortak paydayı “sürdürülebilirlik” olarak belirlemektedir. Ekonomik ve sosyal yapı ile çevre etkileşimi bütüncül bir şekilde değerlendirilmektedir. Son yıllarda yaşanan bazı ekonomik krizler, iklim değişikliği gibi çevresel ve ekonomik problemler, sürdürülebilir kalkınma çerçevesi altında yeşil büyüme, yeşil ekonomi, döngü ekonomisi, düşük karbonlu ekonomi, sürdürülebilir üretim ve tüketim gibi kavramları ortaya çıkarmıştır.

Dünya Liderleri 2015 yılında 17 Küresel Amaç üzerinde uzlaştı (UNDP 2021). Sürdürülebilir kalkınma için Küresel Amaçlar bu taahhütleri gerçekleştirebilir. Sürdürülebilir kalkınma için uzlaşılan amaçlar Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu kapsamda madencilik endüstrisi de üretim ve işletme faaliyetlerini sürdürülebilir kalkınma amaçları ile uyumlu olarak yürütmelidir.

Üretim yapabilmek sahip olunan kaynak kadar mümkündür ve hiçbir sektör sınırsız kaynak rezervine sahip değildir. Bu noktada sürdürülebilir olmak en az üretebilmek kadar önemlidir. Gelişen teknolojiyi, sürdürülebilir üretim için kullanmak, üretici için tasarruflu olmakla beraber kaynakların gelecek nesillere aktarılabilmesi açısından da büyük önem taşır. Bu çalışma kapsamında mermer artıklarını değerlendirerek kalsiyum karbonat hammaddesi elde edilen bir tesis için sürdürülebilirlik ölçütleri Şekil 4.2’de ki gibi değerlendirilmiştir.



Şekil 4.1 Sürdürülebilir kalkınma amaçları (UNDP 2021).

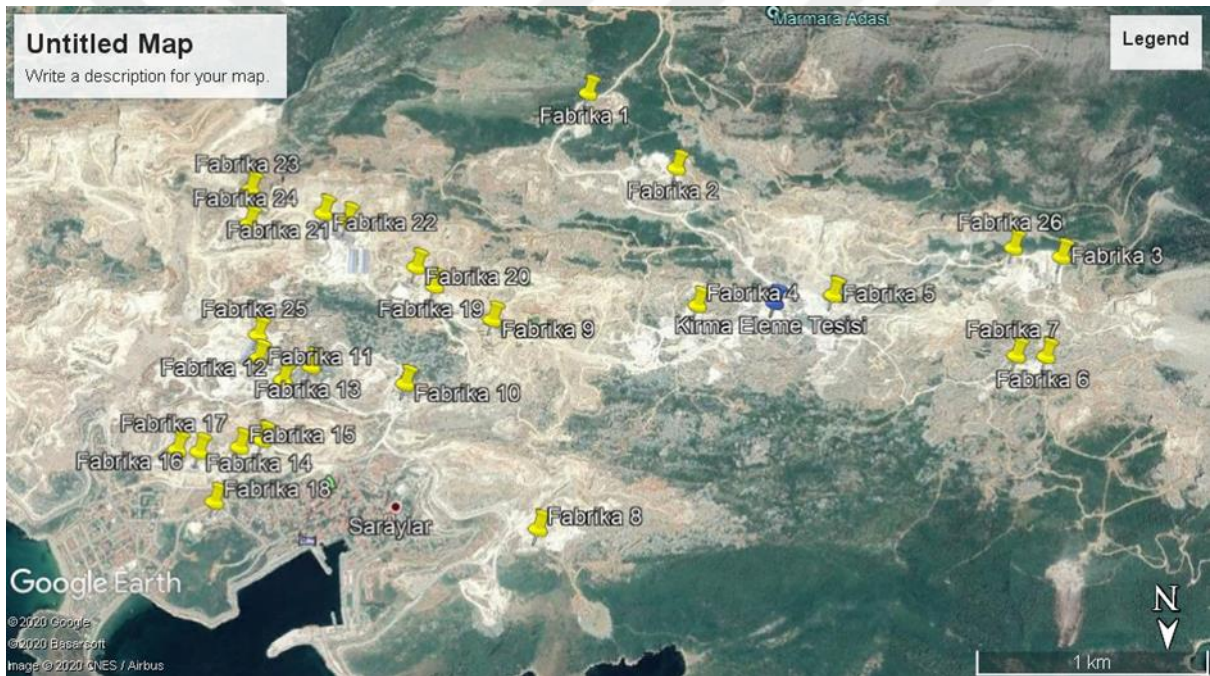


Şekil 4.2 Sürdürülebilir mermer artıkları hazırlama tesisi için belirlenmiş olan ölçütler.

4.1 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN İNCELENMESİ

4.1.1 Yenilikçi Üretim Ölçütü

Mevcut operasyon bahsedildiği üzere mermer ocaklarında blok üretimlerinden artakalan artıkların göz ile tayini yapılarak belirli ölçülere küçültüldükten sonra kırma eleme taşınması ile birlikte üretim sürecinin tamamlanması şeklindedir. Bu durum bir geri dönüşüm ve hammaddenin sürdürülebilirliğini artırmıştır. Ancak hali hazırda Marmara Adası'nda bulunan Şekil 4.3'de de görüldüğü gibi konumlanmış olan yirmi altı mermer ebatlama fabrikalarının artıkları hiçbir şekilde değerlendirilememektedir.



Şekil 4.3 Marmara Adası'nda bulunan mermer ebatlama fabrikalarının konumları.

Şekil 4.3'de gösterilen bu fabrikaların ortalama üretimleri ve artık eldeleri göz önüne alındığında günde yaklaşık olarak 768 ton, kalınlığı en fazla 6 cm ve genişliği en fazla 30 cm olan paledyen artıkları oluşmaktadır.



Şekil 4.4 Marmara Adası'nda bulunan mermer ebatlama fabrikalarının artıkları.

Fabrikaların kırma eleme tesisine ortalama uzaklığı 2,4 km'dir (Çizelge 4.1). Tüm bunlara ek olarak mermer ebatlama fabrika artıkları yan kayaç kontaktları minimum olan, yıkama ile kesildiği için çamur gibi etkenlere maruz kalmayan hammadde olacağı için kalite anlamında da ciddi iyileştirmeler sağlayacağı öngörülmüştür.

Çizelge 4.1 Marmara Adası'nda bulunan mermer ebatlama fabrikalarının üretim detayları ve kırma eleme tesisine olan mesafeleri.

Fabrikalar	Kırma Eleme Tesisine Uzaklığı (km)	Este Makine Sayıları	Atık Üretimi (ton/vardiya)	Vardiya Sayısı	Toplam Üretim (ton/gün)
Fabrika 1	1,93	3	6	2	36
Fabrika 2	1,51	2	6	2	24
Fabrika 3	1,47	3	6	2	36
Fabrika 4	0,39	5	6	2	60
Fabrika 5	0,5	3	6	2	36
Fabrika 6	1,48	1	6	2	12
Fabrika 7	1,33	1	6	2	12
Fabrika 8	2,17	3	6	2	36
Fabrika 9	1,35	3	6	2	36
Fabrika 10	1,85	2	6	2	24
Fabrika 11	2,95	2	6	2	24
Fabrika 12	2,50	2	6	2	24
Fabrika 13	2,40	1	6	2	12
Fabrika 14	2,61	3	6	2	36
Fabrika 15	2,74	3	6	2	36
Fabrika 16	2,92	2	6	2	24
Fabrika 17	3,04	2	6	2	24
Fabrika 18	2,98	2	6	2	24
Fabrika 19	1,73	2	6	2	24
Fabrika 20	1,78	1	6	2	12
Fabrika 21	2,39	2	6	2	24
Fabrika 22	2,54	2	6	2	24
Fabrika 23	2,97	3	6	2	36
Fabrika 24	2,93	3	6	2	36
Fabrika 25	2,95	4	6	2	48
Fabrika 26	1,20	4	6	2	48
TOPLAM		64			768

Günlük fabrika artıkları üretimi göz önüne alındığında ve yılda 330 gün çalışma öngörüldüğünde 253,440 ton yıllık kalsiyum karbonat hammaddesi elde etmek mümkün görülmektedir. Bu yıllık üretim seviyesi kırma eleme tesisi için yıllık bütçelenmiş olan satış hedeflerinin çok az da olsa üzerindedir.

Mermer ebatlama fabrikalarının artıklarının kullanımına mevcut tesiste bulunan kırıcı tipleri ve akışı imkan sağlamamaktadır. Fabrika artıkları bahsedildiği gibi tek kenarı 2 cm ile 6 cm aralığında değiştiği için çeneli kırıcılardan neredeyse hiç kırılmadan geçmesi ve konveyör bantlara dik bir açıyla kırılmadan geleceği için bant lastiklerinde ciddi hasarlara sebebiyet verecektir.

Üzerine çalışılan yeni tesis yatırımı hem mermer ocakları artıklarını hem de mermer ebatlama fabrikası artıklarını değerlendirecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu sebeple bir adet çeneli kırıcı, bir adet konik kırıcı iki adet elek kullanılması planlanmıştır. Ayrıca mermer fabrikası artıkları konik kırıcıya direkt besleneceğinden Şekil 4.5’de görülen paletli besleyici kullanılması gerekmektedir. Şekil 4.6’daki çeneli kırıcının besleme ağız açıklığı 810x1370 mm olup saatlik teorik üretimi 308 – 571 ton arasında değişmektedir.



Şekil 4.5 Paletli besleyici (Weir Mineral).



Şekil 4.6 Çeneli kırıcı (Weir Mineral).

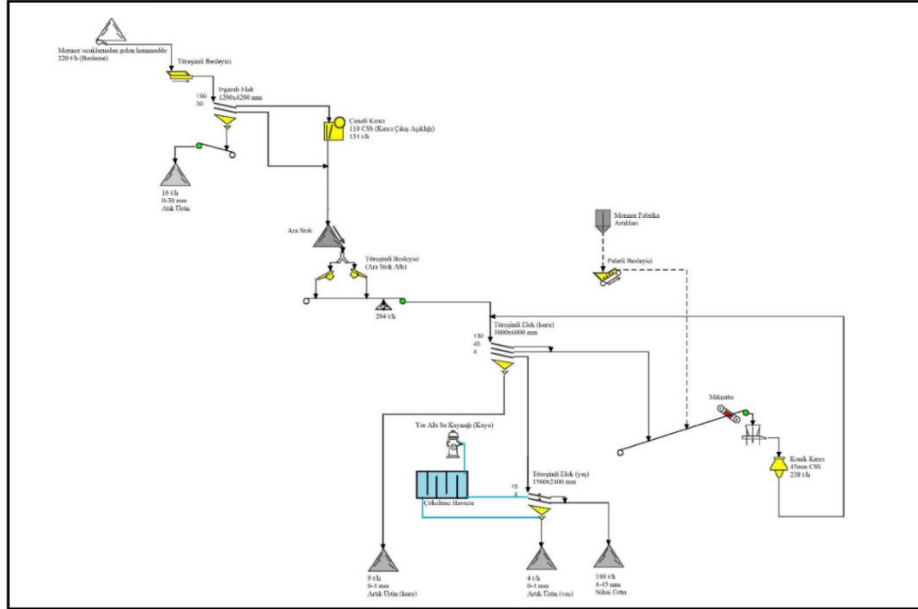
Konik kırıcı 320 mm besleme ağız açıklığına sahip olup hem mermer ocaklarından gelen artıkları çeneli kırıcıdan boyutları küçüldükten sonra nihai ürüne 0 – 45 mm ayrıca mermer ebatlama fabrikalarından gelen paledyenleri başka hiçbir kırıcıdan geçirmeden direkt Şekil 4.7’deki konik kırıcı vasıtası ile nihai ürün elde etmemize imkan sağlayan ekipmandır.



Şekil 4.7 Konik kırıcı (Weir Mineral).

Tüm bu ekipmanların, mermer ocak ve fabrika artıklarını değerlendirmesi süreci özetlenecek olursa. Ocaklardan gelen hammadde bunker ve titreşimli besleyici vasıtası ile ön elemeye tabi tutulur. Bu elemedeki amaç 30 mm’den küçük olan ocak içerisinden gelen topraklı kısmın en başta sürece dahil olmadan elenmesidir.

Tez çalışması kapsamında incelenen ve tasarlanan yeni tesis yatırımı hem mermer ocakları artıklarını hem de mermer ebatlama fabrikası artıklarını değerlendirecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Aggflow programı aracılığıyla yapılan tesisi tasarımı ve akım şemasına ait görünüm Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 Yatırımı planlanan kırma eleme tesisi (AggFlow’den yararlanarak).

Aggflow programı ile yapılan simülasyonda saatlik 220 ton beslenen bir tesiste atık olarak nitelendirilen ürün 16 ton olarak ayrılmaktadır. Bu atık ürün mineral bazlı uygulamalarda kullanılması güç olmakla birlikte dolgu malzemesi olarak değerlendirilmesi mümkündür. 30 mm ve 120 mm arası besleme malzemesi direkt olarak ara stok alanına giderken 120 mm üstü besleme ürünü çeneli kırıcıdan geçerek ebatları küçülmüş halde ara stok alanına gitmektedir. Çeneli kırıcının çıkış açıklığı (CSS) 110 mm’ye ayarlanmış olup beklenen en büyük tane boyutu 110 mm’nin 1,5 katı kadar olan 165 mm olarak belirlenmiştir. Bu durumun asıl nedeni çeneli kırıcı çıkış açıklıkları, makine durur halde iken ayarlanmasıdır. Dolayısı ile çalışma esnasında çeneli kırıcının yapmış olduğu eliptik hareket sebebi ile ayarlanmış olan çıkış açıklığından daha büyük taneler prosese dahil olacaktır. Ara stoka gelen malzeme düzenli besleme sağlayan titreşimli besleyiciler ile 3 katlı kuru eleme yapacak olan eleğe iletilir. Bu aşamada 4 mm altı ürünler artık ürün olarak ayrılırken, 4 – 45 mm arasında ki ürünler nihai ürün olarak değerlendirilmek üzere son yıkama eleğine transfer edilir. 45 mm üzeri malzemeler ise boyutları nihai ürüne uygunluk sağlaması adına öncelikle konik kırıcının bunkerine ardından da kırıcıya beslenir. Konik kırıcı çıkış açıklığı (CSS) 45 mm olarak ayarlanmıştır. Konik kırıcıyı

bunker ile çalıştırmakta ki amaç, kırıcıya sürekli ve düzenli bir şekilde malzeme beslemektir. Ayrıca akış şemasında da belirtildiği gibi konik kırıcı bunkerı öncesi mıknatıs kullanımını kırıcıya metal parçaların girmesini engellemektir. Aksi durumda konik kırıcının yapısı gereği ciddi aşınmalara ve kırılmalara sebebiyet verebilir. Konik kırıcıda ebatları istenilen seviyelere indirgenmiş ürünler tekrar kuru elemenden geçerek kuru artık ürüne ya da yaş eleme için nihai ürün eleğine transfer edilecektir. Tasarlanan tesis hem mermer ocağı artıkları hem de mermer fabrika artıklarını kullanacak şekilde tasarlanmıştır. Fabrika artıklarından gerekli malzeme tedarikinin sağlanması koşuluyla tesis bağımsız olarak sadece paledyen artıkları kullanılacak şekilde işletilebilmektedir. Bu tedarik nihai ürün kalitesinde, halihazırda fabrikada işlenmiş ürün artıklarının kullanılması nedeniyle elde edilebilecek malzeme kalitesi daha nitelikli (yan kayaç teması olmaması, kesim esnasında yıkamaya tabii olması, toprağımsı ince malzeme içermemesi, vb.) olacaktır. Bu durumda kuru eleme öncesi tesis bileşenlerine ihtiyaç olmaması nedeni ile enerji ve ekipman kullanım ömürlerinden tasarruf sağlanabilir.

Son aşamada ürünün üzerinde kırma ve eleme faaliyetleri sebebiyle biriken toz, yaş eleme işleminden sonra tane boyut dağılımı 4-45 mm olan yıkanmış ürün olarak eldesi sağlanmaktadır. Bu yıkama işlemi tesis uhdesinde bulunan çökeltme havuzundan gelen su ve ihtiyaç durumunda su tedariki için kullanılan su kuyusundan sağlanmaktadır.

Tasarımda hedeflenen başlıca iyileştirmeler, beslenen ürün ve nihai ürün oranının mümkün olduğu seviyede yükseltilerek kırma eleme tesisi arttığı olan 0-4 mm ürünün oranının minimum seviyeye indirmek, tesis akışının sonuna yıkamalı bir elek koyarak yıkama işleminin en son aşamada yapılarak proses suyunun tesisin diğer kısımlarına transferinin önüne geçerek hem su kullanımını azaltmak bununla birlikte diğer metal kısımların korozyona uğramasını engellemek hedeflenmiştir.

Tasarlanan yeni tesis nihai ürün kapasitesini saatte 102 tondan 190 tona çıkartarak yaklaşık %90'lık bir artış sağlayacaktır. Bu kapasite artışının en büyük sebeplerinden biri olan mevcut tesisteki ölü yük döngüsünü azaltarak tesisin üretim verimliliğinin artırılmasıdır. Bu iyileştirme tesise yerleştirilen elekler ile birlikte sağlanmıştır tasarlanan tesiste yalnızca konik kırıcıdan çıkan ürünler geri beslenmektedir. Bunun amacı da istenilen tane boyutuna tam uyumluluk sağlamak içindir. Aynı zamanda son kırıcı seçimi kombinasyonu mevcut tesiste 2 adet çeneli kırıcı ve 1 adet merdaneli kırıcı şeklindeyken tasarlanan tesiste 1 adet çeneli kırıcı ve 1 adet

konik kırıcı olarak yapılmıştır. Bu seçimin en büyük nedeni merdaneli kırıcının 4 mm altı ürünü konik kırıcıya göre daha fazla üretmesidir. Böylelikle de nihai ürün kazanımında yaklaşık olarak %7'lik bir artışa katkı sağlayacaktır. Bu iyileştirmeler haricinde kaynak kullanımları konusunda tasarlanan tesisin tasarruflarından bahsedilecek olursa, fabrika artıklarının değerlendirilmesini mümkün kılan bu tesis sayesinde önceden de bahsedildiği gibi mevcut tesise göre enerji tüketimlerinde ciddi düşüşler görülecektir. Buna ek olarak yeraltı suyu kullanımında da önemli tasarruf sağlanacaktır. Mevcut tesiste yıkama yapılan elekten su tesisin ikinci çeneli kırıcısı, merdaneli kırıcısına ve son ürüne giderken tasarımı yapılmış olan tesiste yıkama son aşamada konumlandırılmış elekte yapılacağı için yalnızca nihai ürün üzerinde gidecek su kayıp olarak kabul edilecektir.

4.1.2 İş Güvenliği Ölçütü

Mevcut operasyon global bir sermaye şirketine aittir. Bu şirket, Dünya genelinde 50 ülkede konumlanmış olan 230 endüstriyel tesise sahip olduğundan iş güvenliği hususunda standartlaşmaya gitmiştir. Bu standartlaşmayı tüm tesisler ve maden ocakları için tebliğ edilen ve ihtiyaç halinde güncellenen protokoller ile asgari gereklilikleri belirlemiştir. İş güvenliği kapsamında Çizelge 4.2'de gösterildiği gibi 26 adet protokol mevcuttur. Çalışma konusu olan kırma eleme tesisi operasyonu bu protokollerden 17'sinden sorumludur.

Çizelge 4.2 Şirketin iş güvenliği hakkında yayımladığı protokoller.

Protokol No	İş Güvenliği Protokolleri	Kırma Eleme Tesisinde Uygulanabilirliği
1	Patlatma Operasyonları	Hayır
2	Kapalı Alanlar	Evet
3	LOTOTO (Kilitleme – Etiketleme – Deneme)	Evet
4	Elektrik Güvenliği	Evet
5	Acil Durumlara Hazırlık ve Müdahale	Evet
6	Kazı İşleri	Hayır
7	Yangın Güvenliği	Evet
8	Sıcak İşler	Hayır
9	Temizlik ve Bakım	Evet
10	Makine Korumalıkları ve Konveyör Güvenliği	Evet
11	Mobil Ekipmanlar Güvenliği	Evet
12	Kişisel Korumaya Donanım	Evet
13	Yüksekte Çalışma	Evet
14	Zemin Kontrolü	Hayır
15	Kamyon Yükleme ve Boşaltma İşleri Güvenliği	Evet
16	Taşeron Güvenlik Yönetimi	Evet
17	Çalışma Sonrası	Evet
18	Yorgunluk Yönetimi	Evet
19	Forklift Güvenliği	Hayır
20	Askıdaki Yükler	Hayır
21	Labaratuvar Güvenliği	Evet
22	Risk Analizi	Evet
23	Yeraltı Maden Ocakları Güvenliği	Hayır
24	Yeni Satın Alınan Firmaların Çevre, Sağlık ve Güvenlik Entegrasyonu	Hayır
25	Cevher Üretimi için Yapılan Delme İşlemleri Güvenliği	Hayır
26	Hafif Araçlar Güvenliği	Evet

Tüm bunlar ile birlikte “Take 5” olarak adlandırılan, çalışanların yaptıkları rutin ve rutin olmayan işler için düzenlenmiş kişi bazlı risk analizlerinin eğitiminin verilerek her çalışanın iş güvenliğine ve sağlıklı çalışma ortamına katkılarını sağlamaktır. Take 5, isminden de anlaşılacağı üzere 5 adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar sırasıyla:

- Görevi enine boyuna düşünmek
- Maruziyeti aramak
- Riskleri değerlendirmek
- Önlem almak
- İş güvenli bir şekilde yapmaktır.

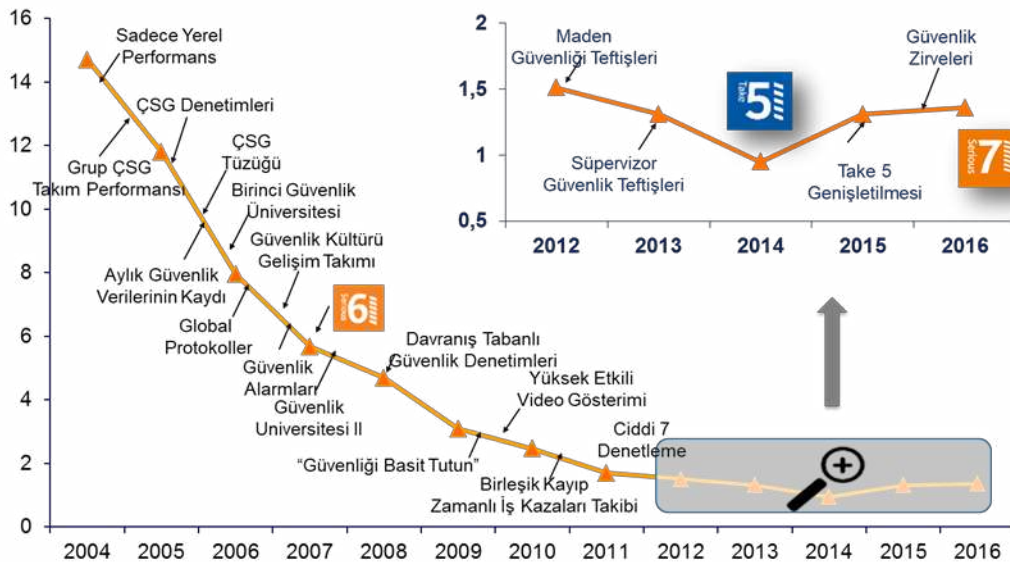
Her bir çalışan, kendileri için belirlenmiş olan Take 5 hedefleri doğrultusunda raporlamalarını yaptıktan sonra iş güvenliğinden sorumlu kişi, bu riskleri veri tabanına girer ve böylelikle belirli bir süre içerisinde, en fazla hangi görevde ve hangi bölgede iş güvenliği risklerinin yoğunlaştığı tespit edilerek o riski ortadan kaldırmak veya izole etmek adına eylem planları oluşturulur.

Ayrıca tesis müdürleri tarafından ayda en az 1 kez olmak üzere Ciddi 7 denetimleri yapılmak zorundadır. Ciddi 7 olarak adlandırılan yapı 7 adet iş güvenliği protokolünden oluşmaktadır. Ciddi 7'yi oluşturan protokoller aşağıdaki gibidir:

- LOTOTO (Kilitleme – Etiketleme – Deneme)
- Elektrik Güvenliği
- Makine Korumalıkları ve Konveyör Güvenliği
- Mobil Ekipmanlar Güvenliği
- Yüksekte Çalışma
- Zemin Kontrolü
- Forklift Güvenliği

Bu protokollerin firma içerisinde Ciddi 7'ye dahil olmasının sebebi, ölümlü kazaların nedenlerinin bu protokoller uhdesinde olmasındandır. Bu yüzden tesis müdürleri ve iş güvenliği koordinatörlerinin olmazsa olması bu denetim mekanizmasının sürekliliği ve şeffaflığıdır.

Aşağıda sunulmuş olan Şekil 4.9 şirketin 2004 yılından itibaren iş güvenliği konusunda gelişimlerini ve uygulamalarını aşama aşama göstererek 1 milyon çalışma saati baz alınarak kayıp zamanlı iş kazalarının düşüşünü belirtmektedir.



Şekil 4.9 Şirketin iş güvenliği uygulamaları ve gelişimi.

Marmara Adası'nda bulunan kırma eleme tesisi özelinde raporlanan en büyük riskler mermer ocaklarında kırma işlemleri ve mermer ocaklarından kırma eleme tesisine hammadde sevkiyatı sırasında gerçekleşmektedir. Bu duruma sebebiyet veren en büyük faktör ortak kullanımda olan ocak yolları ve blok mermer üretimi yapılırken kullanılmakta olan Şekil 4.10'daki tel kesme makinelerinin konumlandırılması ve korumalıklarının kullanılmamasıdır.



Şekil 4.10 Mermer ocaklarında bulunan tel kesme makinelerinin üstten görünüşü.

Yeni tesis yatırımı projesi ile birlikte mermer fabrika artıklarının değerlendirilebilmesi mermer ocaklarında yapılacak olan kırma ve sevkiyat işlemlerini ciddi oranda düşürecektir. Bu bağlamda maruziyet süresi kısaldıkça mermer ocaklarındaki kaza riskleri de azalacaktır.

4.1.3 Verimlilik Ölçütü

Çalışmakta olan kırma eleme tesisinin performansı, beslenen ürün ve nihai ürün arasındaki ilişkiye dayandırarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda üretime başladığı yıllarda 4 – 38 mm ebatlarında kalsiyum karbonat hammadde üreten tesis günümüze kadar üst ebat limitini hammaddeyi kullanan fabrikalar ile istişare ederek 45 mm'ye kadar yükseltmiştir. Verimlilikler Çizelge 4.3 ve 4.4'te karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.3 2012 yılında 4 – 38 mm ebatları aralığında yapılan üretim verimliliği.

% Verimlilik Test Sonuçları					
Test No	Tarih	Elek	Beslenen (t)	Son Ürün (t)	Verimlilik (%)
1	Ocak 2012	38 mm	125.15	93.75	74.91%
2	Mayıs 2012		115.75	88.25	76.24%
3	Ağustos 2012		115.5	85.25	73.81%
4	Kasım 2012		112.25	87.93	78.33%
Genel Toplam			468.65	355.18	75.79%

Çizelge 4.4 2017 yılında 4 – 45 mm ebatları aralığında yapılan üretim verimliliği.

% Verimlilik Test Sonuçları					
Test No	DateTarih	Elek	Beslenen (t)	Son Ürün (t)	Verimlilik (%)
1	23/10/2017	4-45 mm	127.65	102.30	80.14%
2	24/10/2017	4-45 mm	127.20	103.90	81.68%
3	25/10/2017	4-45 mm	123.60	102.20	82.69%
4	26/10/2017	4-45 mm	127.70	105.20	82.38%
5	26/10/2017	4-45 mm	125.80	108.20	86.01%
6	31/10/2017	4-45 mm	193.30	166.60	86.19%
7	28/11/2017	4-45 mm	325.20	272.20	83.70%
8	09/01/2018	4-45 mm	224.90	187.70	83.46%
9	10/01/2018	4-45 mm	231.85	187.40	80.83%
Genel Toplam			1607.20	1335.70	83.11%

Bu artış besleme ürün verimliliğini Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi %76 seviyelerinden %83 seviyelerine çıkartmıştır. %7'lik bu artış, merdaneli kırıcıya giden 38 – 45 mm ebatlarının direkt nihai ürüne gitmesini sağlayarak, yıllık hedeflenen 250.000 tonluk üretim için 27.743 ton daha az mermer artığı beslenmesini sağlamıştır. Tesisin beslemeye bağlı nihai ürün yüzdesinin artırılabilmesi kırıcıların doğru seçimiyle daha da iyileştirilebileceği yapılan kırma eleme simülasyonlarında mümkün olduğu ortaya konmuştur. Mevcut tesiste bulunan merdaneli kırıcının üretime olan olumsuz etkisi; kırıcıya beslenen malzemedeki 4 mm altı oranın %1'den az olmasına karşın bu kırıcıdan çıkan malzemedeki 4 mm altı oranın %9-10 seviyelerinde olmasıdır (Çizelge 4.5). Bu durum tesisin besleme ürün yüzdesini düşüren en önemli faktördür.

Çizelge 4.5 Merdaneli kırıcının çıkışından alınan numune içerisinde bulunan 4 mm ürünün analizi.

Merdaneli Kırıcı Çıkışı -4mm Ürün Yüzdesi				
Test No	Tarih	Merdaneli Kırıcıdan Çıkan Toplam Ürün (gr)	Merdaneli Kırıcıdan Çıkan -4mm Ürünü (gr)	Çıkış Ürününde -4mm Oranı (%)
1	15.02.2017	29.223	3.124	%10,69
2	14.03.2017	30.953	2.417	%7,81
3	20.03.2017	31.497	3.066	%9,74
4	24.03.2017	31.731	2.840	%8,95
Genel Toplam		123.405	11.447	%9,28

Planlanan yeni tesis yatırımında önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, kırıcı kombinasyonu çeneli kırıcı ve konik kırıcıdan oluşmaktadır. Bu kombinasyon yapılan tüm simülasyonlarda besleme ürün yüzde verimliliğinde bizlere yaklaşık olarak %86 - 87 kalsiyum karbonat hammaddesi kazanım verimi sağlanması hedeflenmiştir. Yatırım yaklaşık olarak 1.5 milyon

Euro bir maliyete sahip olup detaylı yapılan hesaplamalar doğrultusunda 5 yıl gibi bir süre içerisinde yeni tesisin sağlayacağı tasarruflar ile birlikte yaklaşık 5 yıl sonunda yatırımı geri ödeyebileceği hedeflenmiştir.

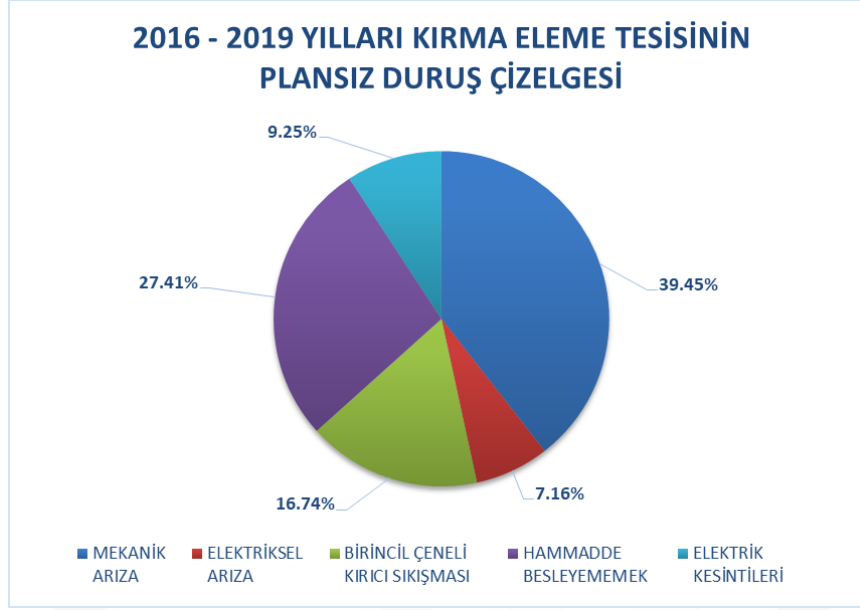
Bu iyileştirme hedeflerinin gerçek verilere dayalı olarak sürdürülmesi bu çalışmanın prensiplerinin temeli oluşturmaktadır. Bu duruma bağlı olarak kırma eleme tesisinin son 4 yıl içerisindeki üretim yapmasına engel olan plansız duruşlar mercek altına alınmıştır.

Aşağıda bulunan Çizelge 4.6’da plansız duruşların 2016 ve 2019 yılları arasındaki verileri, duruş sebepleri ile birlikte görmek mümkündür.

Çizelge 4.6 Kırma eleme tesisinin 2016 ve 2019 yılları arasında yaşamış olduğu plansız duruşların detayları.

DURUŞ SEBEPLERİ	YILLAR			
	2016	2017	2018	2019
MEKANİK ARIZA (saat)	372.3	350.2	444.7	717.8
ELEKTRİKSEL ARIZA (Saat)	52.8	90.2	97.5	101.4
Birincil Çeneli Kırıcı Sıkışması (Saat)	244.4	166.7	253.1	135.6
Hammadde Besleme Sorunu (Saat)	259.9	171.8	549.1	328.7
Elektrik Kesintileri (Saat)	131.2	123.4	111.5	75.7
TOPLAM (saat)	1060.6	902.3	1455.9	1359.2

Bu veriler ışığında 4 yıl içerisinde mekanik arızalardan kaynaklanan duruşlar, toplam plansız duruşların %39’u gibi ciddi bir kısmını oluşturmakta. Ayrıca hammadde beslemek için kaybedilen süreler de %27’lik bir dilimi temsil etmektedir. Plansız duruşların dağılımı Şekil 4.11’de detayları ile birlikte görülebilir.



Şekil 4.11 2016 – 2019 yılları arasında yaşanan plansız duruşların gösterildiği pasta dilim grafik.

Tesiste yaşanan mekanik arızaları detaylandırarak olunursa, son 4 yıl içerisinde yaşanan mekanik arızaların %44'ü konveyör bantlarda gerçekleşen arızalardır. Mekanik arızaların detayları aşağıda belirtilen Çizelge 4.7'de paylaşılmıştır.

Çizelge 4.7 2016 ve 2019 yılları arasında tesisin mekanik arızalardan dolayı yaşamış olduğu plansız duruşların detayları.

MEKANİK ARIZALAR KAYNAKLI DURUŞLAR	YILLAR			
	2016	2017	2018	2019
Birincil Çeneli Kırıcı (saat)	73,3	32,2	18,2	49,7
İkincil Çeneli Kırıcı (Saat)	18,7	23,3	32,7	31,7
Üçüncül Merdaneli Kırıcı (Saat)	57,5	30,6	10,3	18,2
Elek (Saat)	84,6	60,3	67,8	309,3
Konveyörler (Saat)	114,2	187,7	227,7	293,8
Yıkama Ünitesi (Saat)	24	16,1	88	15,1
TOPLAM (saat)	372,3	350,2	444,7	717,8

Bahsedilen bu duruşlar, tesisin son 4 yıl içerisinde ki aktif çalışma saatleri (plansız duruş saatlerinin, resmi çalışma sürelerinden çıkarılmasıyla elde edilir) baz alındığında tesisin yıllara göre üretim performansı ve bunlara bağlı üretim kayıpları aşağıdaki Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 2016 – 2019 yılları arasında plansız duruşlar kaynaklı üretim kayıpları.

Yıllar	Yıllık Toplam Duruşlar (Sa)	Üretim Kayıpları (ton)
2016	1,061	113,710
2017	902	88,566
2018	1,456	139,294
2019	1,359	122,383
TOPLAM	4,778	463,953

Operasyonun bir parçası olan nihai ürün sevkiyatı sürecinde önceden bahsedildiği gibi tesiste stoklanan son ürün gemilere yüklenerek tamamlanmaktadır. Bu operasyon tesisi mermer ocakları artıklarının sevkiyatını gerçekleştiren kamyonlarla yapılmaktadır. Dolayısıyla gemiye sevkiyat yapılması durumunda tesise hammadde beslenemediğinden ötürü tesisin çalışması mümkün değildir.

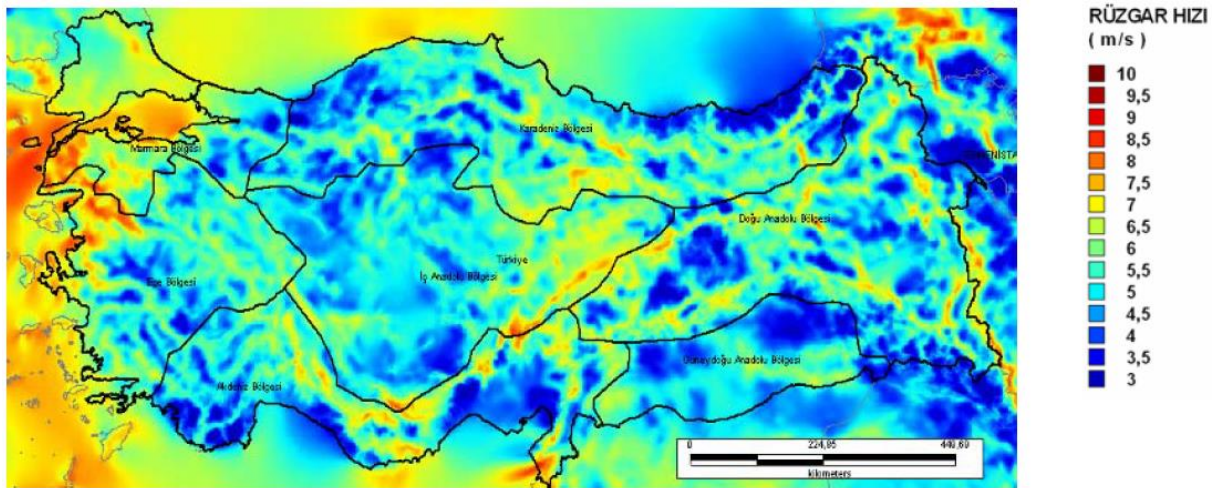
Kayıpların tamamen ortadan kaldırılması madencilik sektöründe gerçeği yansıtmamakla birlikte söz konusu olan kırma eleme tesisi özelinde, yeni yatırımla, mekanik arızaların dijital takip sistemleri aracılığıyla önleyici bakım onarım çalışmalarının yapılması ve mermer ebatlama fabrika artıklarının değerlendirilebilmesi, zaman ve üretim kayıplarının ciddi oranda azaltılması fikri gerçeği yansıtmaktadır.

4.1.4 Enerji Ölçütü

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma amaçları arasında “Erişilebilir ve Temiz Enerji” ile “Sorumlu Üretim ve Tüketim” amaçları da yer almaktadır (UNDP 2021). Bu kapsamda enerji ölçütü ayrı bir sürdürülebilir ölçüt olarak incelenmiştir. Üretimde ve tüketimde erişilebilir ve temiz enerji amacı ile karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji erişimi hedeflenmektedir.

Marmara, Gökçeada, Bozcaada gibi adaların elektrik enerjisi ihtiyacı deniz altından çekilen kablolarla karadan sağlanıyor. Olumsuz hava koşulları ve arızalar nedeniyle bazen kısa veya uzun süreli kesintiler meydana gelebiliyor. Marmara Adasının elektrik enerjisi ihtiyacı ağırlıklı olarak Balıkesir ili Erdek ilçesinden 11 kilometrelik deniz tabanından gelen kablo aracılığıyla temin edilmektedir. Bunun dışında adada kurulu rüzgar enerjisi türbinleri aracılığıyla

yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir. Marmara adası rüzgar enerjisi açısından oldukça avantajlı bir konumda bulunmaktadır (Şekil 4.12). Ekonomik bir rüzgar enerjisi santrali yapımı için 7 m/s rüzgar hızı sınır değeri olarak kabul edilebilmektedir. Marmara Adasında ortalama rüzgar hızının bu değerin üzerinde olduğu görülmektedir. Adada her biri 2.3 MW kapasiteli 2 adet rüzgar türbini mevcut olup toplam kurulu güç 4.6 MW'dır (Şekil 4.13). Marmara adasının güneş enerjisi potansiyeli toplam güneş radyasyonu olarak yılda 1400-1450 KWh/m² olup sınırlı olarak kabul edilmektedir.



Şekil 4.12 Türkiye rüzgar hızı haritası ve Marmara Adası potansiyeli (URL-2).



Şekil 4.13 Marmara Adası rüzgar enerjisi santrali görünümü (Esit Enerji).

Marmara adasının elektrik ihtiyacı ağırlıklı olarak ana karadan adaya sağlanan deniz altı elektrik hattı aracılığıyla sağlanmaktadır. Rüzgar enerjisi gibi değişken üretime sahip enerji kaynağı varlığı, deniz altı kablolarının deniz taşımacılığı ve olumsuz hava koşullarından

etkilenme potansiyeli, adanın kesintisiz enerji erişimi için bazı riskleri beraberinde getirmektedir. Örneğin, 2019 yılı sonunda Marmara Adası'nda bir geminin çapasının deniz altı elektrik kablosuna hasar verme neticesinde adada uzun süreli elektrik kesintisi meydana gelmiştir. Adaya gönderilen jeneratör ve trafoların devreye girmesi ile adaya yaklaşık 2 gün sonra elektrik verilebilmiştir. Denizaltı kablolarının arızaların giderilmesi, kısmen olumsuz hava koşullarının da etkisiyle, 15-35 gün aralığında tamamlanabilmektedir.

Çalışma kapsamında incelenen mermer artıkları hammadde hazırlama tesisinin güç ihtiyacı tam kapasite kullanımda 558 KW dır. Çizelge 4.9 da mevcut tesiste bileşenler bazında ihtiyaç duyulan elektriksel güç ihtiyacı verilmiştir. Hazırlama tesisi için yapılan iyileştirme tasarımında daha az bileşen ve tesis içi mesafe olacağından tesisin elektriksel güç ihtiyacı ve tüketiminde azalma sağlanacaktır. Bu durum tesisin sürdürülebilirliği ve verimliliği açısından önemlidir.

Çizelge 4.9 Mevcut tesiste bileşenler bazında ihtiyaç duyulan elektriksel güç ihtiyacı.

Kullanılan Yer	Güç(Kw)
Primer Kırıcı	132
Sekonder Kırıcı	55
Silindir Kırıcı	110
Ana Elek	18.5
Ana Bant	18.5
Sekonder Besleme Bant	7.5
Sekonder Çıkış Bant	5.5
Silindir Besleme Bant	7.5
Silindir Çıkış Bant	5.5
Primer Kırıcı Çıkış Bant	7.5
Bypass Bant	5.5
Toz Bant	5.5
Havuz Başı Pompa	55
Numune Çeneli Kırıcı	5.5
İhracaat Bant	7.5
Çamur Siklon Pompası	30
Telestack Uzun Bant	7.5
Telestack Kısa Bant	7.5
Toz Eleği Vibro Motor	1.5
Toz Eleği Vibro Motor	1.5
Bunker Vibro Motor Ön	4
Bunker Vibro Motor Ön	4
Bunker Vibro Motor Arka	7/7,6
Bunker Vibro Motor Arka	7/7,6
Bedestal Kırıcı	18.5
Tesis Kompresör	18.5
Gürsan Bant	7.5
Desender (Kovalı Yıkayıcı)	11
Toplam Elektriksel Güç	558 Kw

Marmara adasında büyük ölçekli güneş enerji santralinde paneller için topoğrafik yapı ve yüzölçümü nedeniyle sınırlı alan mevcudiyeti nedeniyle mermer işleme fabrikaları üzerinde

küçük ölçekli ve tesis iç ihtiyacı için çatıda güneş enerjisi sistemi (GES) kurulumu potansiyeli bulunmaktadır. Şekil 4.14’de bir mermer fabrikası üzerinde yapılan bir çatı GES uygulama örneği verilmiştir.

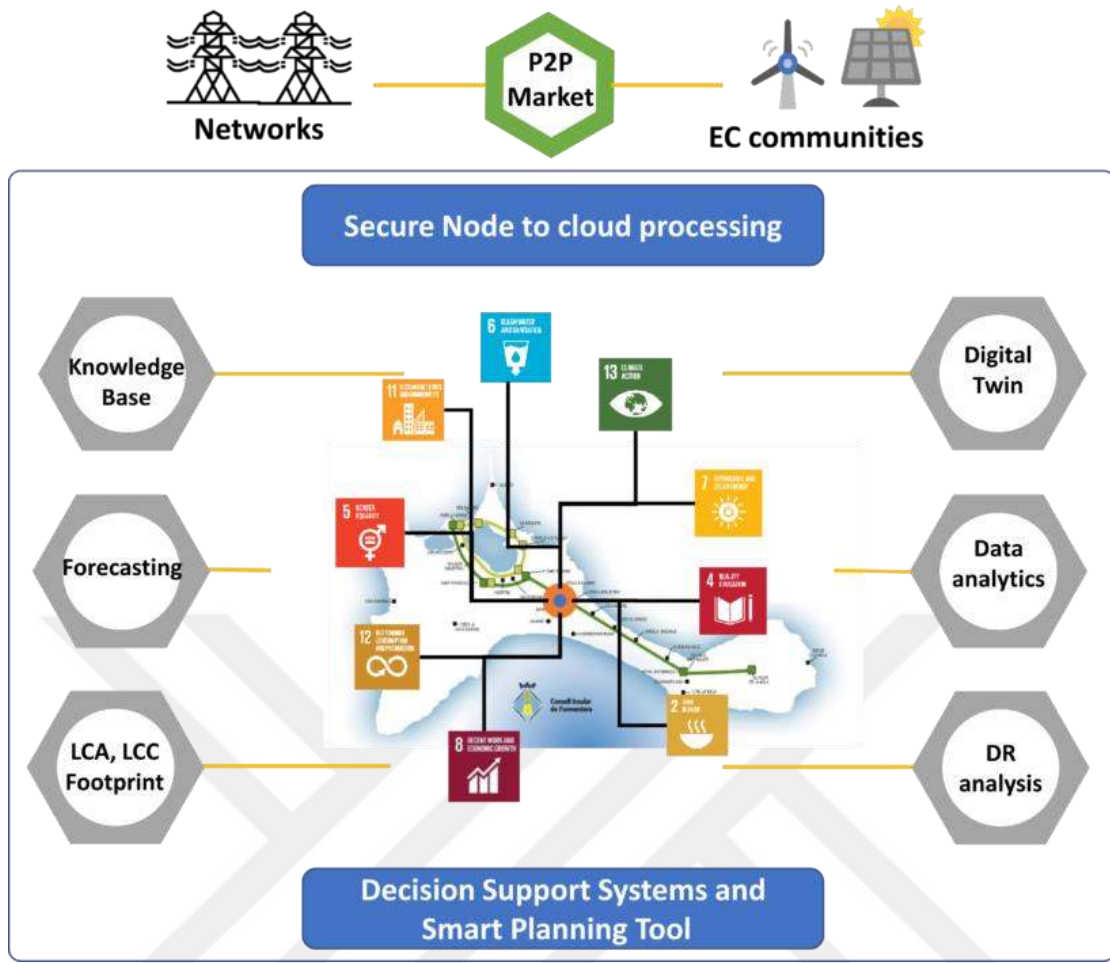


Şekil 4.14 Portsan Mermer Çatı GES uygulaması.

Marmara adasındaki rüzgar durumu ve mermer işleme tesisindeki olası toz sorunları güneş panellerinin veriminin azalmasına neden olabilmektedir. Bunun için Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği’nde GES’leri ilgilendiren bir değişiklikten faydalanma potansiyel bulunmaktadır. Yönetmeliğe göre aynı sayaçtan bağlanma şartı aranmaksızın aynı dağıtım bölgesinde, tüketim tesisinin kurulu gücü ile sınırlı kalmak kaydıyla üretimi tüketimiyle mahsuplaşabilecek GES’ler kurulabilir. Yapılan değişiklik ile mahsuplaşma için üretim ve tüketim tesisinin aynı noktadan bağlantı zorunluluğu ortadan kalkmış bulunmakta. Bu durumda, GES’leri sadece çatı ve cepheye kurma zorunluluğu ortadan kalkmış ve artık arazilere de mahsuplaşmaya yönelik GES kurabilme olanağı mevzuatta yer almıştır. Kurduğu üretim tesislerinin toplam gücü tüketim noktasının kurulu gücünü geçemeyecek olması kısmi sınırlama getirmektedir. Ancak bu değişiklik ile daha önce çatı ve cepheye kurma zorunluluğu nedeniyle, yeri olmadığından, tüketim gücünden az GES kurabilmiş tesisler, artık öz tüketim güçlerinin tamamı kadar GES kurabilecek.

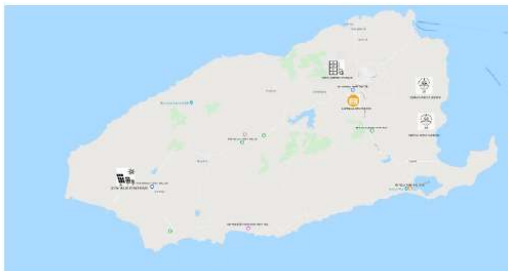
“Erişilebilir ve Temiz Enerji” sürdürülebilirlik ölçütü için gelecekte adalarda bu tarz elektrik kesintileri ile karşılaşılması gerekmektedir. Bu kapsamda örnek bir model olarak Avrupa

Birliği projesi kapsamında adalarda bağımsız ve kesintisiz elektrik şebeke projesi incelenebilir. Proje kapsamında yenilenebilir enerji santralleri ve elektrik enerjisi depolama tesislerinin Sanal Güç Santrali'ne entegre edilmesi hedeflenmektedir. Projenin ana hedefleri; yenilenebilir enerji sistemlerin entegrasyonunu kolaylaştırmak, akıllı ve yeşil enerjiye geçişi hızlandırmak, adaların enerji verimliliği potansiyelinden ve yenilikçi depolama yaklaşımlarından yararlanmasına yardımcı olmak, vatandaşların enerji tüketim alışkanlıkların izlenmesi ve aktif katılımını teşvik etmek, maliyetleri ve sera gazı emisyonlarını azaltırken adaların enerjide dış kaynaklara bağlı olamadan kendi kendine yeterli hale gelmesine yardımcı olmak, şeklinde ifade edilmektedir. Proje ile enerji sisteminin istikrarını sağlarken, yenilenebilir enerji kaynaklarının mevcut şebeke sistemlerine entegrasyonunu kolaylaştırmak için, yenilikçi araçlar kullanılacaktır. Sanal Enerji Santralleri, fazla enerjiyi depolayabilen ve enerji talebinin, iklimin ve talebin öngörülemeyen değişimini desteklemek için, karar verme mekanizmasının yapay zeka ile desteklendiği ve şebekeye istikrar sağlayan esnek bir yeşil enerji santrali olarak kabul edilebilmektedir. şekil 4.15'de proje amacı ve bileşenleri şematik olarak verilmiştir. şekil üzerinde ayrıca proje ile sürdürülebilir kalkınma amaçlarına hangilerine katkı yapılabilceği belirtilmektedir (URL-3).



Şekil 4.15 Adalar için bağımsız elektrik şebekesi modeli ve bileşenleri (URL-3).

Ülkemizde önce Gökçeada (Şekil 4.15) ve ardından Bozcaada (Şekil) da uygulanacak projenin gelecekte Marmara adasına uygulanması ile potansiyel elektrik kesintisi sorununa çözüm bulunabilecektir. Elektrik kesintilerinden Marmara adasında yer alan mermer ocakları ve fabrikaları ile tez çalışması kapsamında incelenen endüstriyel hammadde hazırlama tesisi de olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca uygulamanın adada akıllı yeşil enerjiye geçiş ile karbon ayak izinin sınırlandırılmasına önemli katkıları olacaktır.



a- Gökçeada proje uygulaması



b- Bozcaada proje uygulaması

Şekil 4.16 Adalarda proje uygulama bileşenleri (URL-3).

Bu çalışmada Marmara adasının yenilenebilir enerji potansiyeli incelenip değerlendirmeler yapılmıştır. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları, sabit ve sürekli enerji üretme olanaklarına sahip olmayıp, mevsimsel ve günlük meteorolojik koşullardan etkilenmektedir. Özellikle MW kapasiteli rüzgar ve güneş enerjisi santrallerinde, talebe uygun sürekli enerji üretiminin güvence altına alınabilmesi için, ayrıca büyük ölçekli enerji depolama tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır. İncelenen tesisler bazında yenilenebilir enerji potansiyeli de incelenmiş ve adalara özgün yeşil akıllı elektrik şebekesi uygulaması hakkında bilgiler verilmiştir.

4.1.5 Çevre Ölçütü

Firma iş güvenliğinde olduğu gibi çevreye duyarlılık konusunda da azami önemi göstermektedir. Tıpkı iş güvenliğinde olduğu gibi çevre protokollerini tüm endüstriyel tesislerine ve madenlerine tebliğ ederek asgari gereklilikleri belirlemiştir. Bununla birlikte ülkeden ülkeye farklılık gösteren çevre mevzuatlarına uyumu konusunda her türlü desteği sağlamaktadır. Firmanın çevre protokolleri aşağıdaki gibidir:

- Hava emisyonu
- Tehlikeli ve zehirli maddeler yönetimi
- Gürültü ve zemin titreşimi
- Atık yönetimi
- Atık su ve sel suyu
- Madencilik sonrası rehabilitasyon
- Katı mineral depolama tesisleri
- Çevre yönetim sistemleri

Halihazırda faaliyet gösteren kırma eleme tesisi, elek üzerinde ürün yıkaması yaptığı için kirli proses suyu üretmektedir. Ancak bu kirli diye tanımlamış olduğumuz suyun içerisinde kimyasal bir madde yoktur. Yalnızca kırılma esnasında oluşan ince tozlar ve ocaklardan taşınan çamurlu bileşenler su içerisinde bulunmaktadır. Proses suyu, Şekil 4.17’de görüldüğü gibi kapalı devre bir çökeltme havuzu ile birlikte geri kazanılarak tekrar kullanılmaktadır.



Şekil 4.17 Kırma eleme tesisinde kullanılan çökeltme havuzu.

Ancak yıkama işleminin yapıldığı elek sadece nihai ürüne gitmediği ve diğer kırıcıları da beslediği için konveyör bantlar üzerinde ciddi miktarda su görmek mümkündür. Dolayısı ile su kaçakları eleğe beslenen suyun yaklaşık olarak %20'si kadardır. Çökeltme havuzundan eleğe su basan pompa 55KW gücünde olup saatte 205 m³'lük bir akış sağlamaktadır. Kayıplar hesaba katıldığında saatte 40m³'lük harici su tedariki gerekmektedir. Bu harici ihtiyaç su sondajı kuyularından sağlanıp tüm bir yıl, iki vardiya ve üç yüz çalışma günü, boyunca hesaplanırsa ihtiyaç yaklaşık olarak 180.000 m³ hacminde olacaktır.

Projelendirilmiş olan yeni kırma eleme tesisinde yalnızca ürün yıkaması son aşamadaki elekte olacağından dolayı kayıp yalnızca son ürüne giden su miktarı kadar olacaktır. Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda görülen 4-45 mm üründe ki su içeriği %2 – %3 arasında değişmektedir. Projenin hayata geçmesi durumunda yeraltı suyu kullanımı %17 – %18 seviyeleri düzeyinde azalacaktır.

Çevresel sürdürülebilirlik ölçütlerinin en önemli konularından bir olan karbon ayak izi, birim karbondioksit cinsinden ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından insan faaliyetlerinin çevreye verdiği zararın ölçüsüdür ve iki ana parçadan oluşur: doğrudan (birincil) ayak izi ve dolaylı (ikincil) ayak izi. Birincil ayak izi, enerji tüketimi ve ulaşım dahil olmak üzere fosil yakıtlarının yanmasından ortaya çıkan doğrudan CO₂ salınımlarının, ikincil ayak izi ise kullandığımız ürünlerin tüm yaşamın döngüsünden bu ürünlerin imalatı ve en sonunda bozulmalarıyla ilgili olan dolaylı CO₂ salınımlarının ölçüsüdür.

Mermer ocağı artıklarını endüstride kullanılabilir hammaddeye dönüştüren kırma eleme tesisi CO₂ salınımına olumlu katkılar sağlamakla beraber bu dönüşümü operasyon dahilinde tükettiği motorin ve elektrik enerjileri birincil ayak izi oluşumunu olumsuz anlamda etkilemektedir. Fakat Marmara Adası yenilebilir enerji kaynaklarının (rüzgar vb.) kullanılmasına imkan veren konumu ile beraber mermer ebatlama fabrika artıklarını yüksek teknolojiye sahip olan kırma eleme tesisinin sağlayacağı mermer ocaklarında iş makinesi kullanımı ve sevkiyat mesafelerinin kısılması ile birlikte azalacak olan motorin tüketimi, CO₂ salınımının düşürüldüğü sürdürülebilir kalsiyum karbonat hammadde eldesi mümkündür.

4.1.6 Ekonomi Ölçütü

Kırma eleme tesisinin mevcut imkanlarıyla verimlilik analizleri başlığı altında değerlendirilen besleme ürün yüzdesindeki artış sağlanmış olup mermer ocakları artışı ihtiyacı %7 oranında azaltılmıştır. Kuşkusuz bu iyileştirmenin ekonomik olarak işletmeye katkıları söz konusudur. Hedeflenen sürdürülebilir kırma eleme tesisinin potansiyel tasarruflarından bahsedilecek olursa; projelendirilen ve simülasyonu yapılan kırma eleme tesisinin besleme ve nihai ürün verimliliği yaklaşık %87'dir. Bu oran mevcut yapılan iyileştirmeye ek %4'lük bir katkısı olacaktır.

Projelendirilmiş olan kırma eleme tesisi, mermer ebatlama fabrikalarında oluşan artıkların kullanılmasıyla beraber; mermer ocaklarındaki kırma faaliyetlerinin ortadan kalkmasına, önceki hammadde tedarik noktalarına (mermer ocakları) nazaran mesafenin kısılmasına, motorin tüketiminin azalmasına, fabrika artıklarının değerlendirilmesi esnasında, kırma eleme tesisinde kullanılmayacak olan birincil kırma grubunun (bunker, ızgaralı besleyici, çeneli kırıcı) elektrik tüketiminin azalmasına vesile olarak işletmeye ekonomik anlamda tasarruf sağlamaktadır.

4.1.7 Sosyal Gelişim Ölçütü

Sürdürülebilir kalkınma mücadelesi, şirketin kurumsal sosyal sorumluluk standartlarına katkıda bulunan Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına ve Birleşmiş Milletler Küresel İlkeleri'ne yönelik ilerlemeyi destekleyen en iyi uygulamaları, yenilikleri ve teknolojik

özmleri teşvik etmek, geliştirmek ve paylaşmak için gurup çağında gerçekleşen bir yarışmadır.

Şirketin 2004 yılından beri yürürlükte olan Sürdürülebilir Kalkınma Mücadelesi, tesislerin konumlandırıldığı çevredeki insanların gelişimini teşvik etme, sosyal kabulü sağlama ve çevresel ayak izini azaltma gibi konularda stratejisini desteklemektedir.

Son altı yıl içerisinde, şirketin sürdürülebilir kalkınma konusundaki uzun vadeli standartlarıyla uyumlu olarak farklı kategorilerde 1100'den fazla proje sunuldu. Bu, endüstriyel tesislerin konumlandırıldığı bölgelere özel projeler, toplulukların ekonomik büyümesi ve sosyal gelişimi üzerinde büyük bir fark yaratmakta, şirketin sürdürülebilirlik performansının önemli bir unsurunu oluşturmaktadır.

Sürdürülebilir Kalkınma Mücadelesi'nde, 2017 yılında Marmara Adası'ndaki kırma eleme tesisinin, aynı bölgedeki bir ilk ve orta okula yaptırdığı Şekil 4.18'de görülen Fen Bilgisi laboratuvarı finale kalan projeler arasında yer almıştır. Projedeki amaçlar; bölge halkının nezdinde şirketin itibarını artırmak ve bölgedeki potansiyel üretim olasılıklarını değerlendirebilecek nitelikte nesillerin yetişmesini sağlamaktır.



Şekil 4.18 Sosyal gelişim kapsamında aynı lokasyonda bulunan okula yapılan fen laboratuvarı.

4.2 SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÖLÇÜTLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Madencilik operasyonları faaliyet gösterdikleri çevre, toplum ve ekonomi üzerinde olumlu ve olumsuz etkilere sahiptir. Olumlu ve olumsuz etkilerin zaman içinde sürekliliği, etkilediği alan ve yoğunluğu ise uygulanmakta olan madencilik operasyonun türü ve icra edilen yerin özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir (Bell and Donnelly 2006). Söz konusu bu etkilerin özellikle çevresel etkilerin, önemli bir kısmı açık şekilde paydaşlar tarafından gözlenebilmektedir. Örneğin, Kirsch (2009) açık ocak madencilik faaliyetlerine bağlı olarak yer değiştiren kazı hacminin diğer insan kaynaklı faaliyetlere göre çok daha fazla olduğunu belirtmektedir. Madencilik sektörü ve etkilerine diğer bir örnek ise cevher özellikleri ve piyasa koşullarındaki değişime bağlı olarak gerçekleştirilen madencilik faaliyetleri nedeniyle sınırlı bir sürede hızla oluşan olumlu etkilerin sonrasında yerel ölçekte çok ciddi olumsuz çevresel, sosyal ve ekonomik etkilerin ortaya çıkmasıdır (Gibson 2006).

Madencilik sektörü özelinde sürdürülebilirlik kavramının tanımlanması, ölçülmesi ve etkin şekilde uygulanması konusu araştırmacılar açısından hala oldukça karmaşık bir konu olarak değerlendirilmektedir. Bu konuda gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde madencilik sektörü açısından sürdürülebilirlik kavramının karar alma süreçlerine entegrasyonu ve uygulamaya geçirilme seviyesinin ölçülmesi için madencilik sektörü için sürdürülebilirlik tanımı yerine sürdürülebilirlik ölçütlerinin belirlenmesi önerilmektedir (Yaylacı ve Düzgün 2015).

2015 yılında Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı tarafınca belirlenmiş olan “Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları” 17 başlık altında toplanmıştır.

Bunlar:

- Yoksulluğa son
- Açlığa son
- Sağlık ve kaliteli yaşam
- Nitelikli eğitim
- Toplumsal cinsiyet eşitliği
- Temiz su ve sanitasyon
- Erişilebilir ve temiz enerji*
- İnsana yakışır iş ve ekonomik büyüme*

- Sanayi, yenilikçilik ve altyapı*
- Eşitsizliklerin azaltılması
- Sürdürülebilir şehirler ve topluluklar
- Sorumlu üretim ve tüketim*
- İklim eylemi*
- Sudaki yaşam
- Karasal yaşam
- Barış, adalet ve güçlü kurumlar
- Amaçlar için ortaklıklardır.

Yukarıda BMKP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı) tarafından yayınlanan bu amaçlardan yanlarına (*) işareti konulanlara yatırımı planlanan kırma eleme tesisinin katkıları olacaktır.

Çalışmanın konusu olan kırma eleme tesisi için Bölüm 4.1’de sürdürülebilirlik ölçütleri belirlenmiştir. Yatırımı planlanan kırma eleme tesisinin hammadde kullanımından, yerel paydaşlarla yürüttüğü sosyal sorumluluk faaliyetlere kadar sürdürülebilirliğe katkılarını ve geliştirilmesi gereken yönler açıklanacaktır. Tesiste kullanımı planlanan mermer fabrikası artıklarının kullanımı, hali hazırda değerlendirilemeyen, yığınlar oluşturan artık malzemenin gerekli kırma, eleme ve yıkama işlemlerinden geçtikten sonra yurtiçi ve yurtdışında bulunan mikronize kalsit tesislerinde hammadde girdisi olarak kullanımı mümkün kılınmaktadır. Böylelikle artık olarak tanımlanan bir ürünün döngüsel ekonomiye ve BMKP amaçlarından olan “sorumlu üretim ve tüketim” amacına katkısı bu şekilde belirtilebilir. Fabrika artıklarının kullanımı ile birlikte mermer ocaklarında yürütülmekte olan hammadde hazırlama işleri (hidrolik kırıcı ile mermer ocak artıklarının ebatlarının küçültülmesi) esnasında karşılaşılabilecek olan iş sağlığı ve güvenliği risklerini en aza indirmek, fosil yakıtların kullanımını azaltarak karbon salınımı düşürmek, mermer ocaklarında karşılaşılabilecek olan süreksizlik yüzeylerinin ürüne karışmasının önüne geçerek istenilen kalite parametrelerini rahatlıkla yakalamak bahsedilen sürdürülebilirlik ölçütlerine direkt olarak katkıda bulunacaktır. Tüm bunlara ek olarak ekonomik açıdan değerlendirmek gerekirse, mermer fabrikalarından gelen her ton artık ürün, maden ocaklarından gelecek olan her tonu ikame ederek ocaklarda tüketilecek motorin ve iş gücünü azaltacak bu durumda karbon ayak izi azaltılmasına, BMKP’nin iklim eylemi amacına ve işletme maliyetlerine olumlu katkı sağlayacaktır.

4.3 HAMMADDE HAZIRLAMA TESİSİNİN İNCELENMESİ

Hammadde hazırlama tesisinin belirlenen ölçütlere uygunluğunun değerlendirilebilmesi için çok ölçütlü karar verme yöntemi benimsenmiştir. Tasarlanan kırma eleme tesisinde hammadde üç farklı yöntem ile tedarik edilebilmektedir. Bunlar, mermer ocak artıkları (MOA), fabrika artıkları (FA) ve her ikisinin de artık malzemenin de hammadde olarak kullanılabileceği bir kombinasyon. Ancak yapılan değerlendirmeler sonucu hem mermer ocağı artığı hem de fabrika artıklarının kullanım oranlarını $MOA > FA$ ($MOA + FA$) ve $FA > MOA$ ($FA + MOA$) olarak iki alt hammadde kullanım alternatifleri değerlendirilecektir. Bu kullanımlar için değerlendirilecek ölçütler; hammadde tedariki, hammadde kalitesi, iş sağlığı ve güvenliği, enerji tüketim ve maliyet olacaktır.

Çok ölçütlü karar verme yönetiminin temeli, çeşitli alternatifler için hedefe veya amaca ulaşılmasında, farklı öneme sahip ölçütlerin sistematik bir şekilde puanlar aracılığıyla değerlendirilmesine dayanmaktadır. Ölçütlerde yer alan seçeneklere ait puanların tayin edilmesinde, belirtilen durum veya özelliğin beklentileri yerine getirme düzeyi veya koşullara uygunluk derecesi göz önünde bulundurulmaktadır. Çeşitli ölçütlere ait ağırlıklı puanların da birleştirilmesiyle incelenen alternatife ait toplam puana ulaşılmaktadır. Alternatiflerin birbiriyle karşılaştırılmasında da belirlenen ağırlıklı toplam puanlardan yararlanılmaktadır.

Çok ölçütlü karar verme yönteminde yer alan temel ilkeler ile uyumlu olarak, önce uygunluk düzeyi puanı (n_i) ve önem katsayısı (g_i) çarpılarak, incelenen ölçüt düzeyinde, önem puanı (AP) elde edilmektedir. Ardından hesaplanan her ölçüt için hesaplanmış olan önem puanları, incelenmekte olan ölçüt sayısına bağlı olarak, üst üste toplanması ile birlikte toplan ağırlıklı puana ($\sum AP$) ulaşmaktadır (Özarslan 2002).

$$\sum AP = \sum_1^i n_i \times g_i = [n_1 \times g_1 + n_2 \times g_2 + \dots + n_i \times g_i] \quad (4.1)$$

Yukarıda belirtilen eşitlikte $\sum AP$ = toplam ağırlıklı puanı; AP = ölçüt düzeyinde önem puanı; i = analizde yer alan toplam ölçüt sayısı; n = uygunluk düzeyi puanı; g= önem sınıfı katsayıdır.

Uygunluk sınıf ölçütleri belirtilen koşullar veya durumların, hammadde hazırlama tesisinin belirlenmiş olan sürdürülebilirlik ölçütlerine uyumu için kullanılmaktadır. Uygunluk sınıfları kendi içlerinde; az uygun, orta uygun, uygun ve çok uygun olmak üzere dört sınıfa ayrılmaktadır. Ayrıca değerlendirmede sınırlayıcı unsur olarak “uygun değil” seçeneği

seçilmiştir. Çok ölçütlü karar verme yönteminde kullanılan alt ölçütlerin temsil ettiği durumlara ait değerlendirmeler ve puan karşılıkları Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 Çok ölçütlü karar verme yönetiminde kullanılan alt ölçütlerin temsil ettiği durumlara ait değerlendirmeler ve puanlar.

Ölçüt Özelliği	Değerlendirme	Puan	Açıklamalar
Uygunluk Sınıfı	Çok uygun	5	İncelenen durumda uygulamanın gerçekleştirilmesi için koşullar ideale yakın
	Uygun	4	İncelenen durumda uygulamanın gerçekleştirilmesi için koşullar avantajlı
	Orta Uygun	3	İncelenen durumda uygulamanın gerçekleştirilmesi için koşullar genel olarak uygun
	Az Uygun	2	İncelenen durumda uygulamanın gerçekleştirilmesi için koşullar zayıflıklara rağmen olanaklı
Sınırlayıcı	Uygun Değil	1	İncelenen durumda uygulamanın gerçekleştirilmesi önemli güçlüklerle yol açabilir

Daha önce bahsedildiği gibi ölçütlerin kendi aralarında ki önem farklılıklarının da değerlendirildiği (Çizelge 4.11) bu değerlendirme metodudur.

Çizelge 4.11 Çok ölçütlü karar verme yönteminde kullanılan alt ölçütlere ait önem sınıfları.

Önem	Puan	Açıklamalar
Çok Önemli	3	Ölçütün az uygun ve sınırlayıcı (uygun değil) olması sistemin genel işleyişini ve güvenliğini olumsuz etkilemektedir
Önemli	2	Ölçütün az uygun ve sınırlayıcı (uygun değil) olması sistemin genel işleyişini ve güvenliğini olumsuz etkileme olasılığı vardır
Az Önemli	1	Ölçütün az uygun ve sınırlayıcı (uygun değil) olması sistemin genel işleyişini ve güvenliğini sınırlı da olsa olumsuz etkileyebilmektedir

Çok ölçütlü karar verme yöntemi tasarlanan kırma eleme tesisi için değerlendirildiğinde fabrika artıkları ile birlikte mermer ocağı artıklarının da hammadde olarak kullanıldığı ancak ağırlıklı olarak fabrika artıklarından oluşan bir tesis beslemesi elde edilen veriler mevcut yapıya en uygun olarak hesaplanmıştır. Ölçütlerin mevcut alternatiflere göre değerlendirmesi Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 Ölçütlerin hammadde tedarik alternatiflerine göre puanlandırılması.

Ölçütler	MOA	FA	FA + MOA (FA>MOA)	MOA + FA (MOA>FA)
Hammadde tedariki	4	2	5	5
Hammadde kalitesi	2	5	5	4
İş sağlığı ve güvenliği	3	4	4	3
Enerji tüketimi	3	4	4	4
Maliyet	1	4	4	3

Belirlenen ölçütlerin önem dereceleri Çizelge 4.13’de belirtilmiştir. Tasarımı planlanan kırma eleme tesisinin sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmesi noktasında, hammadde tedariki, iş sağlığı ve güvenliği ile birlikte enerji tüketiminin önem derecesi en yüksek olarak belirlenmiştir. Hammadde tedariki özellikle fabrika artıklarını sınırlı bulunması ve sektörün ihtiyaçlarına tam anlamıyla karşılık verebilme potansiyeli düşünüldüğünde önem derecesi yüksek olarak belirlenmiştir. Bunları takiben hammadde kalitesi ve maliyet diğer ölçütlere göre daha az önemli olarak belirlenmiştir. Özellikle hammadde kalitesinin önem derecesinin düşük olması mevcut durumda yani yalnızca mermer ocağı artıklarının kullanılması ile bile yeterli kalitede hammadde sağlanabildiğindendir.

Çizelge 4.13 Belirlenmiş olan ölçütlerin önem puanlaması.

Ölçütler	Önem Derecesi
Hammadde tedariki	3
Hammadde kalitesi	2
İş sağlığı ve güvenliği	3
Enerji tüketimi	3
Maliyet	1

Hammadde tedarikini alternatifler baz alınarak değerlendirildiğinde, mermer ocak artıklarının operasyonel olarak üretim faaliyetlerine ve nihai ürün taleplerine yeterli olduğu mevcut durumdan bilinmektedir. Önceden de bahsedildiği gibi fabrika artıklarının sınırlı hacimlerde üretilmesi, nihai ürün tedarik güvenliğinde risk unsurları oluşturması, talep edilecek olan satış tonajlarına bağlıdır. Ancak fabrika artıklarının, mermer ocağı artıkları ile paçal yapılarak yani birlikte kullanımı ile birlikte (yaklaşık olarak %75 fabrika artıkları ve %25 mermer ocağı artıkları) hammadde tedarikinde en uygun yöntem seçilmiş olacaktır.

Hammadde kalitesi için değerlendirmeler şu şekilde yapılmıştır, mermer ocağı artıkları kullanılırken mermer blok artıkları kullanılmakta dolayısı ile yan kayaç kontakları olan ve ocaktan yükleme esnasında tozlu, topraklı ürünlerin kırma eleme tesisine beslenmesi ile birlikte kalitenin olumsuz etkilenebileceği durumlar sebebi ile operasyonel anlamda uygunluğu düşük olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan fabrika artıklarını tek başına kullanımı, fabrikalarda kesim sonrası elde edilen önceden mermer ocaklarında gözle kalitesinin uygunluğu tayin edilen ve kesme esnasında bir şekilde yıkamaya tabii olan mermerlerin kalitesi yüksek derecede nihai ürünün kalitesine olumlu anlamda etkileri olacaktır. Dolayısı ile bu sebeple yüksek derece uygunluğu kabul edilmiştir. Ağırlıklı olarak fabrika artıklarının kullanıldığı FA + MOA

alternatifinin hem hacimsel hem de kalite anlamında uygulanabilirlik konusunda optimum seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

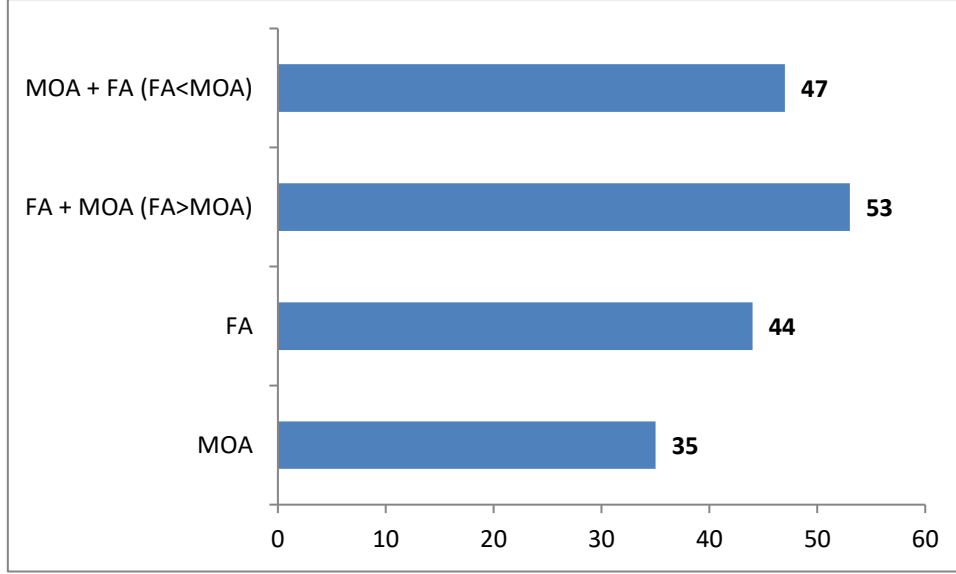
Alternatiflerin işletme esnasında oluşturabileceği iş sağlığı ve güvenliği riskleri değerlendirildiğinde mermer ocağında çalışmaların en yüksek riskli grupta bulunduğunu; mobil ekipman hareketliliği, tel kesme makineleri ile yapılan üretimler ve yerel üreticilerin iş sağlığı ve güvenliğine verdikleri önemle doğrudan ilintili olduğu için puanlamada mermer ocakları artıklarını kullanımı en düşük puanı almaktadır. Buna aksi olarak fabrika artıkları, işletmecilerin fabrikalarında bir alanda veya artık konteynerlerinde stoklamaları sayesinde mermer ocakları içerisine girmeden artıkların toplanması ve kırma eleme tesisine taşınması ile mevcut durumdaki risklerin çoğu ortadan kalkmaktadır.

Yukarıda da bahsedildiği üzere fabrika artıklarının kullanımı sayesinde mermer ocaklarında ekskavatörler ve kamyonlar ile mermer ocağı artıklarının kırılması, yüklenmesi ve tesise nakliyatı ortadan kalkacağı için akaryakıt kullanımında üretilen nihai ürünün birim tonuna göre ciddi düşüşler, fabrika artıklarının kullanımı ile doğru orantılı bir ilişkiye sahiptir. Aynı zamanda bu durum maden işletmelerinin en büyük gider kalemlerinde olan akaryakıt kullanımı düşüreceği için toplam maliyeti de aynı şekilde etkileyecektir.

Mevcut yapıda, tesis yatırımının gerçekleşmediği ve fabrika artıklarının kullanılmadığı durumda, yapılan değerlendirmeler Çizelge 4.14 ve Şekil 4.19’da da göstermektedir ki en verimsiz üretim yöntemi uygulanmaktadır.

Çizelge 4.14 Tasarımı planlanan kırma eleme tesisinin sürdürülebilirlik kriterlerine göre hammadde kullanım alternatiflerinin değerlendirilmesi.

Ölçütler	Önem Derecesi	MOA	FA	FA + MOA (FA>MOA)	MOA + FA (FA<MOA)
Hammadde tedariki	3	12	6	15	15
Hammadde kalitesi	2	4	10	10	8
İş sağlığı ve güvenliği	3	9	12	12	9
Enerji tüketimi	3	9	12	12	12
Maliyet	1	1	4	4	3
Toplam puan		35	44	53	47



Şekil 4.19 Çoklu ölçüt metodu ile yapılan değerlendirme sonucu.

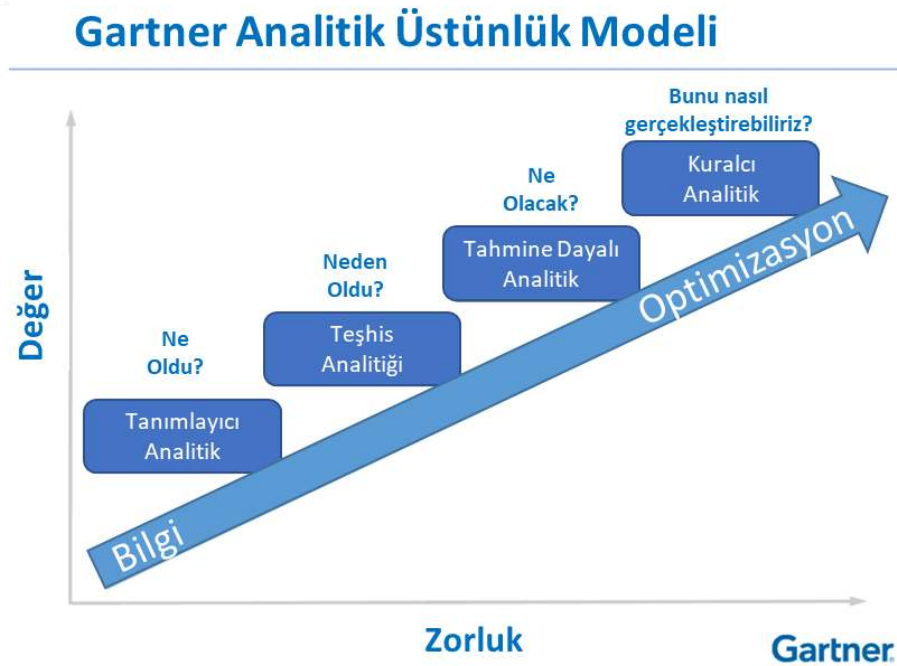
Tüm bu değerlendirmelere ek olarak belirtmek gerekirse fabrika artıkları, piyasa koşullarına göre tek başına yeterli hammadde tedarikini sağlayabileceği durumda en verimli alternatif olacaktır ancak mevcut durumda hammadde tedariki yüksek önem arz etmesinden dolayı üretimin sürekliliği ve sürdürülebilirliği açısından mermer ocağı artıklarının da değerlendirilmesi mecburiyeti doğmuştur.

4.4 AKILLI HAMMADDE TESİSİ TASARIMI

Madencilik operasyonlarındaki verimlilik kayıplarını ve optimizasyon potansiyelini belirlemek için yeraltı kaynaklarından son ürüne kadar tüm süreçlerin derinlemesine adım adım değerlendirilmesi önem taşır. Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm süreçleri, maden sektöründe değer zincirinin tamamından gerçek zamanlı veri toplanmasını, bunların büyük veri olarak saklanmasını ve ileri analiz teknikleri ile değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Bu durum, maden iş süreçlerinin veri güdümlü karar aşamalarıyla optimize edilmesinin önünü açmakta ve global ölçekte düşürülmesi öngörülen karbon salınımının azaltılmasında destekleyici bir unsur olarak öne çıkmaktadır. LoRa, kablosuz ağ ve LTE gibi veri aktarım metodlarının son yıllarda gelişmesi, açık denizler ve madenler gibi zorlu ortamlarda üçüncü endüstri döneminde mümkün olmayan büyük veri transferi yukarıda sözü edilen veri güdümlü karar mekanizmalarına katkıda bulunmuştur.

Maden ve cevher hazırlama araçlarından büyük veri transferinin mümkün olması, beraberinde elde edilen bu verinin analiz edilmesine dair bir takım zorluklar ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle

Gartner (2012), elde edilen verinin artan analitik zorlukla doğru orantılı artan değer önermesini Analitik Üstünlük Modeli ile ortaya koymuştur. Bu modele göre, ilk aşamada tanımlayıcı analitik (descriptive analytics) maden üretim süreçlerindeki olayların veri yoluyla tespitini, ikinci aşamada tanı analizi (diagnostic analytics) bu olayların nasıl oluştuğunu, üçüncü aşamada kestirimci analitik (predictive analytics) hangi olayların oluşacağını ve dördüncü aşamada öngörücü analitik (prescriptive analytics) olayların nasıl gerçekleşebileceğinin anlaşılmasını sağlamaktadır. Örneklmek gerekirse, bir ekskavatör motor arızasının öngörülmesi, mevcut haldeki oluşmuş arızanın tespitine nazaran daha komplike bir veri analitik yorumlaması gerektirmektedir. Oluşmuş bir motor arızasının tespiti için motor soğutma suyu sıcaklığı, yağ sıcaklığı veya basıncı gibi değerler yeterli olabilecekken, gelecekte oluşabilecek bir arızanın tespiti için gereken değişkenlerin belirlenmesi başlı başına daha komplike bir analitik yeterlilik ve büyük bir veri setine ihtiyaç duymaktadır. Bu mantık, Gartner'ın modelinde (Şekil 4.20) ifade edilen artan zorlukla doğru orantılı artan değer önermesini açıklamaktadır.



Şekil 4.20 Gartner analitik üstünlük modeli (Gartner).

Son teknoloji Endüstri 4.0 ve dijital dönüşüm, gerçek zamanlı izlemeye ve veriye dayalı kararların etkinleştirildiği ve iş süreçlerine entegre edildiği madencilik faaliyetlerinden (ocak işletmesi, kırma eleme süreçleri) veri alımına olanak tanır. Örneğin, bir ekskavatörün motor arızasını tahmin etmek için veri yorumlaması, bir motor arızasını belirlemekten daha büyüktür. Bir motor arızası, soğutma suyu sıcaklığı gibi bir parametre ile tanımlanabildiğinden, veri

sunumundaki arızanın nedenini anlamak, daha fazla analiz çabasının yanı sıra daha büyük miktarda veri seti gerektirir. Bu mantık, GAÜM ile ilgili olarak artan zorluk ile artan değer önermesini göstermektedir. Şekil 4.19 Gartner'ın, endüstri için artan değerle birlikte analitiğin artan zorluğunu açıklayan Analitik Yükseliş Modeli (Gartner). Çalışma kapsamında, "akıllı madencilik" terimi, Endüstri 4.0, dijital uygulamalar ve optimizasyon kavramı yol haritasına atıfta bulunmaktadır. Akıllı madencilik uygulamaları, varlık hareketliliğine bağlı olarak analiz edilebilir. Sabit ve mobil ekipmanı içeren akıllı madencilik teknikleri, farklı veri toplama ve iletim gereksinimleri nedeniyle farklılık gösterir. Endüstriyel uygulamalar için ortak bir standart veri protokolü geliştirme çabalarına rağmen, geleneksel bir birleşik veri protokolü veya mimarisi madencilik endüstrisi için kullanıma hazır değildir (Pethig vd. 2012). Mevcut zorluk, farklı sistem türlerinden, protokollerden ve veri katmanlarından veri toplamaktır. Madencilik endüstrisindeki gerçek IoT uygulamaları, büyük ölçüde makine iç iletişim protokolleri, mantık denetleyicileri ve kontrol sistemi güçlendirme sensörleri gibi çeşitli veri kaynaklarından toplanan verilere bağlıdır. Bu nedenle, bu çalışmada sabit ve mobil ekipmanların süreçleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Mobil veya sabit varlıklarla ilgili süreçler nakliye, maden işleme, stok yönetimi ve ürün taşıma olarak dört ana grupta verilmektedir (Şekil 4.14). Akıllı madencilik uygulamaları nakliye, maden işleme ve stok yönetimi alt bölümlerinde değerlendirilmiştir.

4.4.1 Nakliye

Kaynak artık malzemeler, Marmara Adası'nda bulunan sekiz farklı ocaktan taşınmaktadır. İşleme tesisinin talebine bağlı olarak malzeme ocaklardan fabrikaya damperli kamyonlarla kesintisiz olarak gönderilir. Kalan tesislerin malzeme talebini yerine getirmek için duyarlı bir iş akışı, sürecin verimliliğini artırmak için çok önemlidir. Bu iş akışı, çeşitli damperli kamyon rotalarına ve çevrim sürelerine bağlı olarak çeşitli malzeme kalitesi ve zaman-maliyet parametreleri oluşturur. Damperli kamyonlara kurulan akıllı madencilik veri kaydediciler, makinedeki sensör setine bağlı olarak makinenin ekipman durumu, konumu ve yükü hakkında bilgi toplar ve iletir. Veri kaydediciler tarafından toplanan depolanan veriler ile operasyonel kalite analizleri ve önleyici bakım önerileri sağlanabilir. GAÜM'a atıfta bulunarak, ham verilerin toplanması, akıllı madencilik platformlarında anahtar performans göstergeleri operasyonel olarak gösterilen döngü süresi, makine yükü, makine aşırı yükleme, makine durumu uyarıları gibi genel bakış bilgileri sunmak için kullanılır. Tanımlayıcı analitiğe göre mükemmellik. Akıllı madencilik çözümleri, anlık hammadde talebini ve tesise artık mermer sağlamak için en hızlı ve en yakın damperli kamyon seçeneklerini belirleyen damperli kamyonun gerçek zamanlı konumlandırılması ve yük verilerini analiz eder. Akıllı madencilik

platformunda, bir müfettiş, makine operatörlerine malzeme teslimi için sinyal gönderir veya bu süreç, herhangi bir insan etkileşimi olmaksızın bağımsız olarak gerçekleşebilir. Teşhis analizi kapsamında, sensör bilgilerine dayalı veri analitiği, örneğin makine verilerinin tıklalı bir hava filtresi verisi sunduğu makine aşırı yüklenmesinin olası nedenlerini belirleyebilir. Modern makine öğrenimi algoritmaları, makine arızası ile nedenini ilişkilendirir. Bu algoritmalar, arıza modelini belirleyebilir ve yeterli geçmiş arıza ve arıza verisi mevcut olduğunda bir makine arızasını tahmin edebilir. Bir makine arızasının tahmini ve operasyonel hatalar, sarf malzemesi ve bileşen aşınması gibi temel nedenleri, yanlış bakım uygulamaları, akıllı madencilik tekniklerinin entegrasyonu ile tespit edilebilir ve azaltılabilir.

4.4.2 Cevher Hazırlama

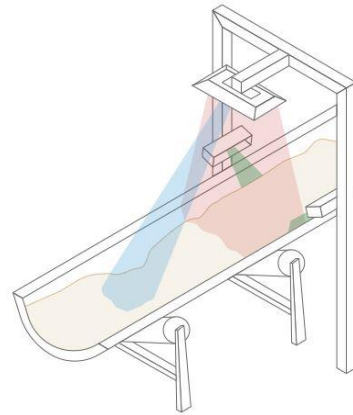
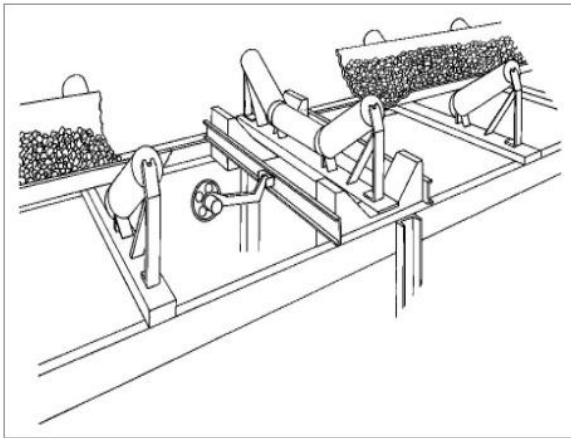
Modern sabit bağımsız olarak çalışan maden işleme tesisleri, Denetleyici Kontrol ve Veri Toplama (SCADA) ve üretim yürütme sistemleri (MES) gibi sistemler tarafından kontrol edilir. Bu sistemler, ilgili internet arayüzlerine sahip işleme tesisleriyle ilişkili akıllı madencilik platformlarına tüm parametrelerin veri toplanmasına izin verir. Tüm sistemi akıllı platforma entegre etmek için bir SCADA sistemi veya MES kullanmanın zorluğu, bu sistemlerin birleşik mimarisi, verileri ve sensör formatının olmamasıdır. Her SCADA sistemi, tesisler için özel olarak tasarlanmış ve programlanmıştır. Bu nedenle, bir işleme tesisinde akıllı madencilik çözümünün birleşik gelişimi, gerçek durumda standartlaştırılmamıştır.

Akıllı madencilik çözümü, operasyonel parametrelerin bir SCADA sistemi tarafından kontrol edildiği ve tüm operasyonel parametreleri bir bulut / sabit veri deposunda depolamak için şirket içi veri toplama için bir veri arayüz modülünün eklendiği yeni tesis tasarımında önerilmektedir. Bu, maden operatörlerinin operasyonlarını gerçek zamanlı olarak izlemelerine ve akıllı madencilik platformundaki bildirimlerle darboğazları belirlemelerine olanak tanır. İşlem zincirinin bütünüyle entegrasyonu, kullanıcıların algoritmalarla kaynak malzemenin kökenini, cevher ayıklama sırasında görüntü işleme ile malzemenin kalitesini ve nihayetinde hammaddenin sistem üzerindeki etkisini belirlemesini sağlar.

rnek vermek gerekirse, şekil 4.21’de gösterildiği üzere, son ürününün hacim analizi ve konveyör bantları üzerine kurulu yk sensörleri (klasik bant kantarları) veya yeni teknoloji ürünü olan radarlı ölçüm cihazları tarafından yapılan okumaya dayalı olarak kırıcıda malzemenin parçalanması için harcanan süre, sonraki üretim basamakları için uzun vadeli en iyi uygulama analizlerini sağlar. Öte yandan, tasarlanmış olan kırma eleme tesisinde bulunan bileşenlerin otomasyon ve scada sistemleri sayesinde uzun vadede düzenli veri toplama,

Klasik bant kantarı haricinde de konveyör bant üzerindeki malzemenin hacimsel taraması için radar çözümü mevcuttur. Konveyör bantlarındaki dökme malzemenin hacim akışını ölçmek ve bandın hizalamasını izlemek için radar teknolojisi kullanılır. Sensör çözümleri, yüksek toz yükleri veya sisli ortamlar gibi zorlu koşullar altında bile işletim sistemlerine tutarlı bir şekilde doğru veriler sağlayarak gerçek zamanlı ölçümler sağlar. Radarlı bant üzeri malzemenin hacimsel ölçümü, temassız ve bakım gerektirmeyen bir çözümdür (Şekil 4.22). Bu nedenle, geleneksel bant ölçüm sistemlerinin yaptığı yeniden kalibrasyon ve onarım maliyetlerini gerektirmez.

Proseslerde gerçek bant yüklerini izlemek için hacimsel ve hız ölçümüne güvenerek dökülmeyi önlerken üretim oranlarının artışına imkan kılmaktadır. Ayrıca radar sistemi, bandın ve üzerindeki malzemenin davranışını izlemek için kullanılır ve üretim prosesinin optimizasyonun geliştirilmesi için önemli bir adımdır. Radar çözümü, hammadde besleme noktasında hacimsel darboğaz oluşturan konveyörlerde önemli bir değer katabilir. Ölçülen kesit kullanılarak, malzemenin ağırlık merkezi ve tepe yükünün konumu belirlenebilir, bu da operasyona malzeme aktarımını veya ürün beslemesini ayarlaması için rehberlik sağlar. Hizalama ölçümüne bağlı olarak, bant üzerindeki malzeme ile bant kenarları arasındaki boş alan ek olarak algılanabilir ve izlenebilir. Bu, bant üzerindeki sonucu izlerken veya merkezi olmayan bir malzeme akışını tespit ederken bant yükünü artırarak bant üzerindeki kullanılmayan alanı azaltmaya yardımcı olabilir. Tüm sensörler, sağlam bir IP67 muhafazası ve askeri korumalı kablolar ve konektörler ile üretilmiştir. Radar ile dökme malzemelerin ölçülmesi, madenlerin dijitalleştirilmesi, sofistike proses kontrolü, makinelerin optimizasyonu ve azaltılmış bant aşınmasına yönelik güvenilir ve oldukça sağlam bir adımı temsil eder.



Şekil 4.22 Yük hücreli bant kantarı ve radar sistemi ile ölçüm yapan bant kantarı (Indurad).

Bu girdi, operasyonel parametrelerin, artan veri seti, parametre ve sonuç uygulamalarıyla dinamik olarak kendini yineleyen makine öğrenimi çıktısına dayalı olarak operasyonel parametrelere karar veren bir yapay zeka motoru tarafından tanımlandığı daha fazla otonom çalışan sisteme izin verir.

Bu sayede anlık olarak tesisin her noktasında bulunan ürünlerin anlık ve periyodik ölçümleri yapılarak belirlenmiş olan performans kriterlere uyumlandırılabilir. Belirlenmiş üretim yöntemi olan mermer fabrikası artıklarının değerlendirilmesi ile birlikte sağlanacak olan tasarruf sayesinde bu tür akıllı çözüm yatırımları mümkün kılınacaktır.

Ana ekipmanların (kırıcılar ve elekler) döner aksamlarına konulan sıcaklık sensörleri (Şekil 4.23) sayesinde bu noktalarda Scada sistemi üzerinden otomatik yağlama sistemlerine gönderilen komutlarla yağlama oranını artırılıp azaltılması ile birlikte yağ tüketim iyileştirilmelerini yapılması sağlanır. Böylelikle bakımlarının takibi ve olası ciddi duruşları önceden tespit etmek mümkün kılınacaktır. Ayrıca tesisin her bir ekipmanının anlık tükettiği enerjinin takibi ve önceden belirlenmiş değerler sayesinde ilgili ekipmanların daha verimli kullanımı ile birlikte birim ton başına enerji tüketimi takip edilebilir. Tüm bu veri kaynakları tesisin enerji yönetiminin, bakım planlamasının ve üretimin optime edilmesi ile birlikte doğru kullanımı sağlanmış olan sarf malzemelerin ömürlerini uzatarak işletmeye önemli kazançlar sağlanabilir.



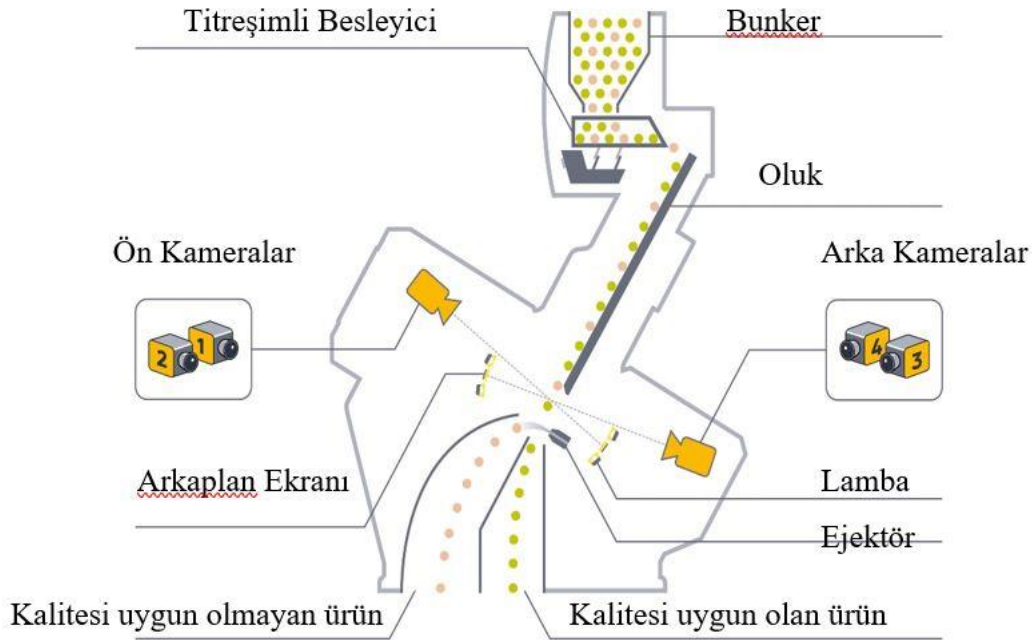
Şekil 4.23 Sıcaklık sensörü (IFM).

Nihai ürün kalitesini artırmak amaçlı kullanılan proses suyunun geri dönüşüm ve yeraltı kaynak kullanımı yüzdesini saptamak ve kontrolünü sağlayabilmek için akış ölçerler (Şekil 4.24) kullanılmıştır. Bu sayede çevre etki değerlendirme konusunda takibin yakın olarak yapılması ve üretilen her bir ton için tüketilen yer altı suyu kullanımı tespit edilebilir.



Şekil 4.24 Akış ölçer (IFM).

Tüm gelişmelere ek olarak ilk yatırım maliyeti yüksek olmasına karşılık son ürün kalitesini yükseltmek amaçlanarak malzeme seçimi optik değerlendirme ile gerçekleştirilebilir. Bunun için tesisin son kısmına opsiyonel kullanımı olacak olan optik ayırıcı yatırımı da mümkündür. Grimsi yabancı maddeler içeren artık mermer parçaları ayrılarak atık malzeme olarak kabul edilir. Şekil 4.25’de gösterilen yüksek çözünürlüklü kameralarla görüntü işleme tekniklerini kullanarak pnömatik ayırma işlemi ile birlikte malzemenin doğru kalite ayrılmasını sağlar.



Şekil 4.25 Temsili optik ayırıcı bileşenleri (Tomra).

Bahsedildiği üzere tasarımı planlanan tesiste optik ayırıcı kullanımı opsiyonel olabilir. Fabrika artıklarının beslendiği durumlarda optik kırıcının çalıştırılması kalite iyileştirme konusunda

ciddi bir katkı sağlamayacaktır. Bu durumda optik ayırıcının kullanımı mermer ocaklarından gelecek olan içerisinde farklı renkte içeriği olan malzemelerin ayrışımını yaparak son üründe kalite artışını ciddi oranda sağlayacaktır. Yani optik ayırıcının kullanımı tesise gelen ürünün göreceli kalitesine göre değişkenlik gösterecektir.

Kırma eleme ekipmanları üreticilerinin öncülerinden olan Metso şirketi üretmiş olduğu yeni nesil konik kırıcılarında 90 üzerinde sensör kullanarak tüm mekanik, elektrik ve hidrolik bileşenlerin tamamının takibi ile proaktif ve önleyici aksiyonların rahatlıkla alınmasına imkan sağlamaktadır (Metso).

Şirketin bu iyileştirmeleri yapmakta ki amacı, anlık alınan veriler ve kayıt altına alınan veriler (vibrasyon, sıcaklık, anlık enerji tüketimi, üretim parametreleri, vb.) ile kısa vadeli veya uzun vadeli kararlar verilerek kırıcı en uygun şartlar altında çalıştırılmasıdır. Tüm bu makine öğrenme metotları kullanılarak kırıcı arıza vermeden kestirimci bakım gereklilikleri saptanabilecektir. Örnek vermek gerekirse, aşınan sarf malzemelerinin tespiti veya yağ kalitesinin düştüğünün tespiti kolaylıkla yapılabilecektir.

Şirket bu gelişmeler sonucunda, üretim süreçlerinin sahada ve belirlenmiş olan bir merkezden izlenebilmesi, makine kullanım ömürlerinde artış, enerji kullanımında tasarruf ve sürdürülebilirlik, son üründe duraylı kalitenin sağlanması ve bakım masraflarında ciddi düşüş beklemektedir.

Tüm bu teknolojik iyileştirmelerin sağlıklı olarak çalışabilmesi için en önemli konulardan biri siber güvenlidir. Şirketler kritik ve stratejik ürünlerinin üretilmesi aşamasında ki parametrelerin başka kuruluşlar ve/veya kişilerin eline geçmemesi adına siber güvenlik önlemlerini artırmalıdır.

4.4.3 Stok Sahası Yönetimi

Akıllı madencilik bağlamında, stok yönetimi çok önemli bir yer oluşturmaktadır. İstenilen kalitede ve/veya ebatta ürünün ihtiyaca ve sevk sırasına göre stoklanması yalın üretim metodunun temellerini oluşturmaktadır. Bilindiği gibi talep dışı yapılan her üretim işletmeye ek stok maliyeti oluşturacaktır. Bu yüzden kalite ve sevkiyat yönetimlerinin işleyişinin fonksiyonelliğine bağlı olarak stok yönetiminin kolaylığı aynı doğru üzerinde ilerleyecektir. Yapılan araştırmalar sonucu yeni teknoloji ürünlerinin kurulum ve kullanım kolaylıkları ön plana çıkmaktadır. Örnek vermek gerekirse Lidar (Light detection and ranging) sistemi (Şekil 4.26) sayesinde mevcut stok alanınıza kurulan ihtiyaca bağlı kamera ve hava istasyonları

aracılığı ile anlık veya belirlenen periyotlarda taramış oldukları alandaki malzemenin hacimsel olarak değerini belirleyip ara yüzlerinde girilen yığın hacmini işleyerek tonaj bilgisini verebilmenin yanı sıra oluşturdukları nokta bulutlarıyla 3 boyutlu modellerde çıkartabilmektedir. Ayrıca hava istasyonları sayesinde durağan bir yığının rüzgar hızı, rüzgar yönü, sıcaklık, hava basıncı ve birim alana düşen yağış miktarından etkilenip etkilenmediklerinin verilerini de sağlamaktadırlar.



Şekil 4.26 Lidar sistemi (AISPECO).



BÖLÜM 5

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 SONUÇLAR

Tez çalışmasından elde edilen bulgular ve sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- a. Mevcut kırma eleme tesisinin kırıcı ekipmanları seçimi ve akış şemasındaki hatalar sonucu üretim verimliliğinde kayıplar olduğu saptanmıştır.
- b. Hammadde olarak yalnızca Marmara Adası Saraylar bölgesinde bulunan mermer ocakları artıklarının kullanılması ile birlikte maden ocaklarındaki iş güvenliği ve hammadde kalitesinde üzerinde oluşabilecek riskler tespit edilmiştir.
- c. Marmara Adası'nı besleyen enerji hatları anakaradan gelmektedir. Yaşanılan veya yaşanabilecek kesintiler yüzünden üretim ve satış kayıpları yaşanabileceği saptanmıştır.
- d. Mevcut tesisin akım şeması gereğince, elek üzerinde yapılan yıkama işlemi sonucu geri dönüşlerde yeraltı suyu kayıpları mevcuttur ve yeraltı suyu kullanımı gereğinden fazladır.

5.2 ÖNERİLER

Tez çalışmasında ele alınan konularla ilgili başlıca öneriler aşağıda sunulmuştur:

- a. Yatırımı planlanan yeni kırma eleme tesisinde son kırıcı olarak konik kırıcı tercih edilmesi, ekonomik değeri olmayan 4 mm altı ebatındaki üründen daha az oluşturacağı için önerilmektedir.
- b. Mermer fabrika artıklarının kullanmak; mermer ocaklarındaki iş sağlığı ve güvenliği risklerini minimize eder, hammadde kalitesini yükseltir, ocak operasyonlarındaki yakıt tüketimini azaltır ve böylelikle karbon salınımı düşer. Bütün bunlarla beraber hammadde maliyeti azalır. Bu durum işletme ve maden endüstrisine ekonomik fayda sağlar. Ancak yapılan analizler sonucu, talep edilen nihai ürün tonajını karşılamak için

yalnızca mermer fabrika artıklarının yeterli olmadığı açığa çıkmıştır. Bu sebeple %25 oranında mermer ocağı artıklarının hammadde olarak kullanımını zorunlu kılınmıştır.

- c. Birleşmiş Milletler Sürdürülebilirlik Amaçları kapsamında, kurulumu planlanan yeni tesis yatırımı için yenilenebilir, temiz enerji kullanımı tercihinin sebebi ada şartlarında enerji tedarikinin anakaraya bağlı olması sebebiyle üretimin sürekliliğini sağlayamamaktır. Marmara Adası'nın rüzgar potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, tesis için gerekli olan elektrik enerjisinin işletmeye ait rüzgar tribünü tarafından sağlanması önerilmektedir.
- d. Proje tesiste, ebatları 4-45 mm arasında olan nihai ürün yıkama işleminin son aşamada yapılması tasarlanmıştır. Bu tasarım son aşamada yapılacak olan yıkama işlemi sonucu oluşan proses suyunun minimum kayıpla çökeltme havuzlarına geri dönüşünü sağlayarak kapalı sistem bir yıkama operasyonuna fırsat sağlayacaktır. Bu sayede tahmini olarak yeraltı suyu kullanımı mevcut duruma göre %17 daha az olacağı hesaplanmıştır.
- e. Kurulumu planlanan yeni tesis için akıllı çözümler önerilmektedir.
 - Her bir bant üzerinde bulunan ağırlık ölçerler sayesinde anlık olarak kütle – denge oranının hesaplanabilmesini sağlayarak prosesin her aşamasında ne kadar yük olduğunun tespiti yapılabilir bu sayede kırıcı ve eleklerin performansı en uygun şekilde kullanılabilir.
 - Mobil ekipmanlar (kamyonlar, ekskavatörler) üzerinde bulunan konum belirleme sistemleri sayesinde birbirleri ile çalışma senkronlarının iyileştirilmesi yanı sıra tesisin hammadde kullanımının optimize edilmesi
 - Tesiste bulunan kritik ekipmanlara (kırıcılar, elekler) monte edilecek rulman sıcaklık, devir sayaç gibi sensörlerinin kurulumu ile birlikte yaşanacak olan potansiyel arızaların öncesinden tahmin edilmesi mümkün olacaktır. Uzun vadede verilerin düzgün işlenmesi ve değerlendirilmesi ile birlikte makine öğrenme metotları geliştirilerek kestirimci bakım faaliyetlerinin yapılmasının önünü açacaktır.
 - Yeraltı suyu kullanımını ölçmek ve kontrol altında tutmak amaçlı çökeltme havuzunun giriş ve çıkışına akış ölçer sensör konularak proses esnasında su kayıplarının tespiti yapılarak gerekli iyileşmeler için verilerin ulaşımı sağlanacaktır.

- Nihai ürün stok alanının en verimli şekilde kullanılması amacıyla bu alan Lidar sistemi ile izlenerek anlık stok yığınlarının hacimsel ve kütsel verileri elde edilerek üretime yön vermesi sağlanmalıdır.
- Opsiyonel olarak, optik ayırıcı kullanımı mermer ocağı artıklarının yoğun olarak kullanıldığı durumlarda nihai ürün kalitesini sürdürülebilir hale getirmek adına önerilmektedir.





KAYNAKLAR

AISPECO (16.09.2021)

Adres: <https://www.aispeco.com/>

Aksoy R (1999) Marmara Adası'nda İlerleyen Bölgesel Metamorfizma ile Tektonik Tarihçe Arasındaki İlişki. *Tiirkiye Jeoloji Bülteni*. 42: 1-14.

Ashmole I and Motloun M (2008) Reclamation and Environmental Management in Dimension Stone Mining, *The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 155-176.

Aycan İ (2007) Türkiye'de Mermercilik ve Geleceği. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Konya, 103.

Bağcı M ve Karataş M (2017) Muğla Bölgesi Mermer Sektörünün Swot Analiz Araştırması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 17: 736-752.

Bell F and Donnelly L (2006) Mining and Its Impact on the Environment. 1st edition, ISBN: 978- 042- 91- 5306-8, InTech, e-book, 352-368.

Çavuş U Ş (2015) Mermer Parça Atıklarının Taşkın Koruma ve Akarsu Yatakları Islah Yapılarında Kullanımı. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 15: 19-28.

Çetin T (2003) Türkiye Mermer Potansiyeli, Üretimi ve İhracatı. *Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 23: 243-256.

Demir İ, Başpınar M S, Abadan S, Kahraman E ve Ünal O (2014) Mermer Tozunun Gazbeton Üretiminde Geri Dönüşüm Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu 2*, 24-26 Ekim 2014, Adıyaman, Türkiye, 1344-1353.

Dhanapandiana S and Shanthib M (2009) Utilisation of Marble and Granite Wastes in Brick Products, *Jr. of Industrial Pollution Control*, 25(2): 145-150.

DPT (1996) Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammddeler Alt Komisyonu, Diğer Endüstri Mineralleri Çalışma Grubu Raporu, *Devlet Planlama Teşkilatı Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*, Ankara, 480: 109-130.

Erkanol D ve Aydındağ A (2013) Türkiye Geneli Doğaltaş Potansiyel Alanların Belirlenmesi Projesi, *Maden Tetkik Arama*, Ankara, 147-156.

Ersoy M (2003) Mermer İşleme Tesisi Su Arıtımında Kullanılan Flokülantların Tanıtımı, *Türkiye IV. Mermer Sempozyumu*, 18-19 Aralık 2003 Afyon, Türkiye, 449-462.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

ESİT ENERJİ (03.06.2021)

Adres: <https://www.esitelectric.com/tr-TR/AnaSayfa>

Gibson R (2006) Sustainability Assessment and Conflict Resolution: Reaching Agreement to Proceed with The Voisesy's Bay Nickel Mine. *Journal of Cleaner Production*, 14: 334-348.

GARTNER (08.08.2021)

Adres: <https://timoelliott.com/blog/2013/02/gartnerbi-emea-2013-part-1-analytics-moves-to-the-core.html>

GÜRSAN (14.08.2021)

Adres: <https://www.gur-san.com.tr/>

IFM (16.09.2021)

Adres: <https://www.ifm.com/de/en>

İMMİB (2016) 2016 Yılı Çalışma Raporu.

Adres: <http://www.imib.org.tr/wp-content/uploads/2017/04/CALISMA-RAPORU-2016c-web.pdf>

INDURAD (16.09.2021)

Adres: <https://www.indurad.com/>

Kacı S (2017) Bilecik Mermer Sektörü Raporu, *Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı*, 61.

Kirsch S (2009) Sustainable Mining. *Dialect Anthropol*, 34:87-93.

METSO (19.07.2021)

Adres: <https://www.mogroup.com/>

Önem Y (1997) Sanayi Madenleri: Tanımları, Doğada Bulunuşları, Dünya ve Türkiye Rezervleri, Yıllık Üretimleri, İhraç ve İthal Miktarlar. *Kozan Ofset Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd. Şti.*, ISBN: 975-96255-0-04, 368.

Özarslan A (2002) Yeraltı Tuz Madenleri İçin Endüstriyel Atık Depolama Ölçütlerinin Geliştirilmesi. *Doktora Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 420.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Pething F vd.** (2012) A Generic Synchronized Data Acquisition Solution for Distributed Automation Systems. *Proceedings of 2012 IEEE 17th International Conference on Emerging Technologies & Factory Automation*, 17-21 September 2012, Krakow, Poland.
- ROSKILL** (2016) Ground and Precipitated Calcium Carbonate: Global Industry, Markets and Outlook, Second Edition, ISBN: 978-1-910922-13-2.
- Singh R, Bhutani M and Syal T** (2015) Strength Evaluation of Concrete Using Marble Powder and Waste Crushed Tile Aggregates. *International Journal for Science and Emerging Technologies with Latest Trends*. 20: 18-28.
- TOMRA** (10.08.2021)
Adres: <https://www.tomra.com/en/sorting/mining>
- Torun M** (2012) Mermer ve Doğal Taş Sektörünün Durumu. *TSE Standart Dergisi*, 606: 26-28.
- WEIR MINERAL** (14.06.2021)
Adres: <https://www.global.weir/brands/trio/>
- UNDP** (2021) Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları. Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı. Adres: <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals.html>
- Ural N ve Yakşe G** (2015) Atık Mermer Parçalarının Yol Temel Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2: 53-62
- URL-1** <<http://www.derelimaden.com>>, Ziyaret tarihi: 20.09.2021.
- URL-2** <<https://web.itu.edu.tr/~kaymak/windpower.html/>>, Ziyaret tarihi: 17.08.2021.
- URL-3** <<https://vpp4islands.eu/>>, Ziyaret tarihi: 11.08.2021.
- Yaylacı E D ve Düzgün H Ş** (2015) Madencilik Sektörü İçin Sürdürülebilirlik Kriterleri. *Madencilik ve Çevre Sempozyumu*, 26-27 Kasım 2015, Antalya, Türkiye, 1-14.
- Yılmaz A** (2020) Sürdürülebilirlik Açısından Mermer Artıklarının Karayolu İnşaatında Değerlendirilmesi: Ekonomik Analiz Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 248(2): 402-410.



ÖZGEÇMİŞ

Furkan BÜYÜKBAYRAK, İlkokul ve orta öğretimini İstanbul'da tamamladı. 2008 yılında Üsküdar Cumhuriyet Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2008 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2013 yılında Maden Mühendisliği'nden mezun oldu ve lisans diplomasını aldı. 2018 yılından beri Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir.