

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DOĞAL TAŞ VE MERMER ÜRETİMİNİN ÇEVRESEL  
ETKİLERİ VE ATIK YÖNETİMİNİN İNCELENMESİ:  
BİLECİK İLİ ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuğba ÇİLENKOĞLU**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ömer Hulusi DEDE**

**Ocak 2020**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOĞAL TAŞ VE MERMER ÜRETİMİNİN ÇEVRESEL  
ETKİLERİ VE ATIK YÖNETİMİNİN İNCELENMESİ:  
BİLECİK İLİ ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuğba ÇİLENKOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 15/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Doç. Dr.  
Ömer Hulusi DEDE  
Jüri Başkanı



Prof. Dr.  
Saim ÖZDEMİR  
Üye



Dr. Öğr. Üyesi  
Nursel KIRATLI YILMAZÇOBAN  
Üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Tuğba ÇİLENKOĞLU

27.12.2019

## TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitim hayatım boyunca ve bu tez çalışmamda desteğini ve yardımlarını benden esirgemeyen, her daim ümit veren, çalışma azmimi artıran, sabırla inanarak çalışmamı destekleyen, meslek hayatımda örnek aldığım, ilminden her daim faydalanabildiğim saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Ömer Hulusi DEDE'ye minnet ve şükranlarımı sunar, teşekkürü bir borç bilirim. Her daim yanımda olan, tecrübelerini benden esirgemeyen ve tez çalışmam süresince destek olan saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi Gülgün DEDE'ye gönülden teşekkür ederim. Bu süreçte bilgilerini benimle paylaşan, zamanını ayırıp özverili çalışma şekliyle bana destek olan saygıdeğer hocam Arş. Gör. Hasan Özer'e şükranlarımı sunar, teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamda bana yardımcı olup destek olan, çalışmalarımda hızla ilerlememi sağlayan BİLÇED Mühendislik firmasına, değerli meslektaşlarım Murat Karaçoban'a ve Tanju Girgin'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her alanında olduğu gibi tez sürecimde de bana yardımcı olup her daim yanımda olan, desteklerini tüm hayatım boyunca hissettiğim başta ailem olmak üzere, arkadaşlarım Cansın Sivaslıgil'e, Merve Mumcu'ya, Şeyma Ekinci'ye ve Murat Ekinci'ye sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY .....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
KONUNUN BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK UYGULAMADAKİ YERİ .....	4
2.1. Dünyada Doğal Taş ve Mermer Üretimi.....	6
2.2. Türkiye’ de Doğal Taş ve Mermer Üretimi .....	6
2.3. Bilecik İlinde Doğal Taş ve Mermer Üretimi .....	8
2.4. Doğal Taş ve Mermer Üretim Prosesi.....	9
2.4.1. Doğal taş ve mermer ocağı üretim prosesi .....	9
2.4.2. Doğal taş ve mermer işleme tesisi üretim prosesi.....	12
2.5. Doğal Taş ve Mermer Ocakları ve İşleme Tesislerinin Çevresel Etkileri.....	13
2.6. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar .....	14
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE METOT .....	17
3.1. Çalışma Alanının (Bilecik İli) Seçilmesi .....	18

3.2. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Oluşan Atıkların Belirlenmesi	19
3.3. Su Kullanımı ve Atık Su Oluşumu İle İlgili Veriler ve Hesaplamalar.	20
3.4. Arıtma Çamuru Oluşumu ve Miktarları ile İlgili Veriler ve Hesaplamalar .....	21
3.5. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Oluşan Diğer Sıvı ve Katı Atıklar.....	22
3.6. Atık Su Analizleri ve Kullanılan Yöntemler .....	22
3.7. Arıtma Çamuru Analizleri ve Kullanılan Yöntemler .....	23
3.8. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler..	24
BÖLÜM 4.	
BULGULAR VE TARTIŞMA .....	25
4.1. Bilecik İlindeki Mermer Üretiminin Boyutları ve Bazı Çevresel Boyutları.....	26
4.2. Mermer Ocağı ve İşletme Tesislerinde Su Kullanımı .....	31
4.3. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Atık Su Oluşumu ve Atık Suların Arıtılması .....	32
4.4. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Kullanılan Çöktürme Havuzlarının Etkililiğinin İncelenmesi .....	34
4.5. Diğer Sıvı ve Katı Atıkların İncelenmesi .....	38
4.5.1. Atık yağlar .....	39
4.5.2. Kontamine ambalajlar ve kontamine atıklar .....	39
4.5.3. Atık pil ve akümülatörler .....	39
4.5.4. Ömrünü tamamlamış lastik atıkları .....	39
4.5.5. Pasa atıkları .....	40
BÖLÜM 5.	
SONUÇ .....	42
KAYNAKLAR .....	45
ÖZGEÇMİŞ .....	48

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BTEX	: Benzen, tolüen, etilbenzen, ksilen
ÇOK	: Çözünmüş organik karbon
EN	: Avrupa Standartları
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
KM	: Kuru madde
LOI	: Limit oksijen indeksi
PCB	: Poliklorlu bifenil
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SM	: Standart metotlar
TCKM	: Toplam çözünmüş katı madde
TOK	: Toplam organik karbon
TS	: Türk Standartları
VOC	: Uçucu organik bileşenler

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Bazı boyutlanabilir taşlar .....	5
Şekil 2.2. Türkiye’ de bulunan mermer ocaklarının illere göre dağılımı.....	7
Şekil 2.3. Bilecik İl’indeki mermer rezervlerinin ilçelere dağılımı [11].....	8
Şekil 2.4. Tipik bir mermer ocağının genel görünümü .....	9
Şekil 2.5. Mermer bloklarının kesimi ve kullanılan ekipmanlar.....	10
Şekil 2.6. Mermer blokları üretimi akım şeması.....	11
Şekil 2.7. Tipik bir mermer ocağı vaziyet planı.....	12
Şekil 2.8. Mermer işleme tesisi ve işlenmiş mermerler .....	12
Şekil 2.9. Mermer işleme tesisi genel akım şeması .....	13
Şekil 3.1. Bilecik İlinin konumu ve ilçeleri .....	18
Şekil 3.2. Saha çalışmasında ziyaret edilen bir tesisteki çalışmalar .....	19
Şekil 3.3. Kesme telinin ısınmasının önlenmesi amacı ile su kullanımı.....	20
Şekil 3.4. Arıtma işleminden sonra oluşan arıtma çamurları .....	21
Şekil 4.1. Bilecik İli mermer ocaklarının ilçelere göre dağılımı.....	26
Şekil 4.2. Bilecik İli mermer kesim ve işleme tesisleri ilçelere göre dağılımı .....	27
Şekil 4.3. Bilecik İli mermer ocaklarında kullanılan su miktarları .....	27
Şekil 4.4. Bilecik İli mermer kesim ve işleme tesislerinde kullanılan su miktarları .....	28
Şekil 4.5. Bilecik İli mermer ocaklarında oluşan atık su miktarları.....	29
Şekil 4.6. Bilecik İli mermer kesim ve işleme tesislerinde oluşan atık su miktarları .....	29
Şekil 4.7. Bilecik İli mermer ocaklarında oluşan arıtma çamuru miktarları .....	30
Şekil 4.8. Bilecik ili mermer kesim ve işleme tesislerinde oluşan arıtma çamuru miktarları .....	30
Şekil 4.9. Mermer ocaklarında kesme telinin soğutulması amacıyla su kullanımı.	31



Şekil 4.10. Mermer işleme tesisinde kesme bıçaklarının soğutulması amacıyla su kullanımı .....	32
Şekil 4.11. Mermer ocağında plastik branda ile sızdırmazlığı sağlanmış çöktürme havuzu .....	33
Şekil 4.12. Mermer işleme tesislerindeki betonarme çöktürme havuzu örneği .....	34
Şekil 4.13. Pasa atığı ile yapılan rehabilite çalışması alanı.....	40
Şekil 4.14. Rehabilite yapılmış alanda ağaçlandırma çalışması .....	41

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Atık su numunelerinde yapılan analizler ve analizlerde kullanılan yöntemler [17]. .....	23
Tablo 3.2. Arıtma Çamuru numunelerinde yapılan analizler ve analizlerde kullanılan yöntemler [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25]. .....	24
Tablo 4.1. Mermer Ocağı Atık Su Analiz Sonuçları ve SKKY Tablo 7.5. Değerleri ile Karşılaştırılması.....	35
Tablo 4.2. Mermer İşleme Tesisi Atık Su Analiz Sonuçları ve SKKY Tablo 7.5. Değerleri ile Karşılaştırılması.....	36
Tablo 4.3. Çöktürme havuzlarında oluşan arıtma çamurlarının incelenmesi ve bertaraf alternatifleri .....	37

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Doğal taş, mermer, atık su, çevre kirliliği

Doğal taş ve mermer ocakları ve mermer işleme tesislerinde sürdürülebilir, ekonomik ve çevreci bir atık yönetim modeli oluşturulabilmesi için, öncelikle oluşan atıkların tür ve miktarının belirlenmesi şarttır. Bu ihtiyaçtan yola çıkılarak planlanan bu çalışmada, doğal taş ve mermer ocakları ile işleme tesislerinin çevresel etkilerinin incelenebilmesi ve ortaya çıkan atık tür ve miktarlarının belirlenmesi ve mevcut kullanılan bertaraf yöntemlerinin yeterliliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma sahası olarak Türkiye'nin bu sektördeki önemli merkezlerinden birisi olan Bilecik ili seçilmiştir. Yapılan saha çalışmaları, açık maden ocağı olarak işletilen doğal taş ve mermer ocakları ve mermer işleme tesislerinin her ikisinde de temel prosesin mermer kesim işlemi olduğunu ve oluşan en önemli atıkların atık su, arıtma çamuru ve pasa olduğunu göstermiştir. Mermer kesim işlemi sırasında kullanılan soğutma suları, mermer tozları ile karışarak atık suları oluşturmakta ve oluşan atık sular çöktürme havuzlarında arıtılmaktadır. Kullanılan çöktürme havuzlarının yeterliliği incelenmesi amacı ile çöktürme havuzlarının giriş ve çıkışından atık su numuneleri alınmış ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 7.5.'te bulunan parametreler olan askıda katı madde, renk, yağ ve gres, krom(+6) ve pH parametreleri belirlenerek, limit değerlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar mermer ocakları ve işleme tesisi çöktürme havuzlarının her ikisinde de çıkış suyu değerlerinin, yönetmelikteki limit değerlerin altında olduğunu göstermiştir. Bu durum kullanılan çöktürme havuzlarının gerekli arıtma işlevini yerine getirdiği şeklinde yorumlanmıştır. Bununla birlikte çöktürme havuzları ile atık su arıtımı sonucunda önemli miktarda arıtma çamuru oluşmaktadır. Alınan çamur numunelerinde yapılan analizler, arıtma çamurunun katı atık düzenli depolama sahası sınıflarına göre III. sınıf düzenli depolama sahalarında depolanmaya uygun olduğunu göstermiştir. Elde edilen tüm sonuçlar bir bütün olarak değerlendirildiğinde, doğal taş ve mermer ocakları ile mermer işleme tesislerinde oluşan atık suların uygun yöntemlerle arıtılması ve yer altı ve yüzey sularına karışarak kirlilik oluşturmalarının önlenmesinin gerektiği, arıtma çamurları ve pasa atıkları için yeni ve faydalı kullanım alanları geliştirilmesi için çalışmalar yapılması ve faaliyet sonunda maden ocaklarının uygun tekniklerle kapatılmasının sektörün sürdürülebilirliği, doğal çevre ve insan sağlığının korunması açısından önemli olduğu sonucuna varılmıştır.

# **ENVIRONMENTAL EFFECTS OF NATURAL STONE AND MARBLE PRODUCTION AND WASTE MANAGEMENT ANALYSIS: EXAMPLE OF BİLECİK PROVINCE**

## **SUMMARY**

Keywords: Natural stone, marble, wastewater, environmental pollution

In order to create a sustainable, economical and environmentally friendly waste management model with respect to natural stone and marble quarries and marble processing plants, it is essential first of all to determine the type and amount of waste generated first. The purpose of this study is to examine the environmental effects of natural stone and marble quarries and processing plants and to determine the types and quantities of the resulting waste and to investigate the adequacy of the disposal methods used. Bilecik, one of the important centers of Turkey in this sector, was selected as the field of study. Field studies have shown that the main process in both the natural stone and marble quarries and marble processing plants operated as open mines is the marble cutting process and that the most important wastes formed are wastewater, treatment sludge and rust. Cooling water used during the marble cutting process is mixed with marble dust to form wastewater and the resulting wastewater is treated in sedimentation tanks. With the aim of examining the adequacy of sedimentation tank samples were taken and from inlet and outlet of sedimentation tanks and parameters of suspended solids, color, oil and grease, chromium (+6) and PH parameters specified in Pollution Control Regulation Table 7.5 are determined and compared to limit values. The results showed that the output water values in both marble quarries and processing plant sedimentation tanks are below the limit values specified in the regulation. This situation has been interpreted as that the sedimentation tanks used perform the necessary treatment function. However, as a result of sedimentation ponds and wastewater treatment, a significant amount of treatment sludge is formed. Analysis of mud samples taken showed that treatment sludge is suitable for storage in Class III landfills relative to solid waste landfills. When all results are considered as a whole, it is concluded that wastewater must be purified by appropriate methods in natural stone and marble quarries, marble processing plants and release to underground and surface waters must be prevented, new and useful fields should be developed for sewage sludge and rust wastes and using proper techniques for the closure of the mines at the end of the activity are important in terms of protection and sustainability of human health and natural environment.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Doğal taş ve mermer kullanımının geçmişi insanlığın topluca yaşamaya başladığı ve şehirlerin oluştuğu çok eski tarihlere kadar uzanır. Bugün dünyanın birçok yerinde bulunan tarihi yapılarda, mermer ve doğal taş kullanımının yaygınlığı göze çarpan ilk mimari unsur olarak dikkat çekmektedir. Bu durum da göstermektedir ki, insanlık mermer ve doğal taş elde etme çalışmalarında oldukça eski ve köklü deneyimlere sahiptir. Yine de geçmiş yüzyıllarda yapılan bu madencilik faaliyetinin boyutları, içinde bulunduğumuz yüzyılınki ile kıyaslandığında oldukça küçük boyutlardadır.

Günümüzde hızlı şehirleşme ve buna bağlı olarak görülen, inşaat sektöründeki büyüme mermer ve doğal taş kullanımını da önemli ölçüde artırmıştır [1]. Öyle ki bu materyaller, küresel ölçekte bu sektörün en büyük girdilerinden biri konumundadır. Mevcut durumdan kaynaklanan büyük talebi karşılamak için yeni mermer ve doğal taş kaynakları aranmakta ve var olan kaynakların kullanımı için yeni ve etkili yöntemler geliştirilmektedir [1].

Dünya genelinde birçok ülke bu sektörde üretim yapmakla birlikte, ülkemiz bu alanda büyük bir potansiyele sahiptir ve gerçekleştirdiği mermer ve doğal taş üretimi açısından dünyadaki sayılı ülkelerden biridir. Birçok ilimizde önemli doğal taş ve mermer rezervleri bulunmakta ve açılan ocaklarda üretim gerçekleştirilmektedir. Bilecik ili de kendine has doğal taş çeşitleri ile sınırları içerisinde birçok ocağa sahiptir. Bunun yanında yine Bilecik ilinde ocaklardan çıkarılan mermer bloklarının piyasa isteklerine uygun olarak işlenebilmesi için kurulmuş çok sayıda işleme tesisi bulunmaktadır.

Genellikle açık maden ocağı şeklinde işletilen mermer ve doğal taş ocaklarında kullanılan araç gereç ve yöntemler günümüz teknolojisi ile hızla gelişmektedir. Ancak bu gelişme üretim kapasitesinde çok önemli bir artış getirmekle birlikte, oluşan atıklar göz önünde bulundurulduğunda çevresel açıdan önemli risklerin oluşmasına da zemin hazırlamaktadır [2, 3]. Özellikle mermer ve doğal taş ocaklarının doğrudan doğal çevrenin içerisinde bulunmaları, uygun yöntemler kullanılarak işlevsel bir atık yönetim modeli uygulanmadığı takdirde, yapılan faaliyetlerden oluşacak atıkların çevre kirliliğine yol açmalarını kaçınılmaz kılmaktadır [3, 4].

Çıkarılan doğal taş ve mermer bloklarının ticari ürüne dönüştürülmesi için, kullanım alanına uygun boyutlarda kesilip, sektöre özel proseslerden geçirilmesi gerekmektedir. Maden ocaklarında mermer ve doğal taş bloklarının kesimi ve sökülmesi işleminde olduğu gibi, kesilen blokların uygun boyutlarda işlenmesinde de kesim sırasında kullanılan ekipmanı soğutmak için su kullanılmakta ve doğal olarak bu proseslerin sonunda atık su oluşmaktadır. Doğal taş ve mermer üretim prosesinin en öne çıkan çevresel risk unsuru olarak, bu atık suların arıtılması ve doğal çevre için tehdit oluşturmayacak şekilde bertaraf edilmesi oldukça önemlidir [5].

Bununla birlikte bu proseslerden oluşan tek kirlilik unsuru atık sular değildir. Atık su arıtma çamurları, yağ ve gres atıkları vb. kullanılan ekipmanlardan oluşan diğer katı atıklar da günümüz çevreci üretim modelinin temeli olan entegre atık yönetim felsefesine uygun olarak ele alınmalı ve bu atıklar için atık azaltma ve uygun bertaraf yöntemleri geliştirilmelidir.

Bu bakış açısı ile planlanan ve gerçekleştiren bu çalışmada, ülkemizdeki önemli doğal taş ve mermer üretim merkezlerinden biri olan Bilecik ili özelinde, doğal taş ve mermer ocakları ile işleme tesislerinde oluşan başlıca atık tür ve miktarlarının belirlenmesi, bu atıkların bertarafında kullanılan ve kullanılabilen yöntemlerin belirlenmesi ve doğal taş ve mermer üretimi işlemleri için sürdürülebilir, çevreci ve ekonomik bir bertaraf sistemi önerilmesi amaçlanmıştır.

Belirlenen bu amaç doğrultusunda çalışma kapsamında varılması planlanan hedefler aşağıda maddeler halinde verilmektedir.

- Doğal taş ve mermer üretiminde oluşan atık türleri ve miktarlarının belirlenmesi ve bu atıkların oluşturabileceği çevresel risklerin ortaya koyulması
- Bilecik ilindeki doğal taş ve mermer ocağı ve işleme tesislerinin üretim kapasitelerinin ve atık oluşturma potansiyellerinin ortaya koyulması
- Mermer ve doğal taş prosesinden kaynaklanan ve başta atık sular olmak üzere tüm atıklar için kullanılabilir alternatif bertaraf sistemlerinin araştırılması
- Ülke genelinde mevcut durumun belirlenmesi ve doğal taş ve mermer üretim sektörü için uygulanabilecek etkili atık yönetim sistemleri geliştirilmesine zemin oluşturulması
- Konuyla ilgili gelecekte yapılacak bilimsel çalışmalar için mevcut literatüre katkı sağlanması

## **BÖLÜM 2. KONUNUN BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK UYGULAMADAKİ YERİ**

Doğal taş ve mermer, karbonat bileşimli ve doğal olarak başkalaşım geçirmiş kayalara verilen genel bir isimdir. Tanımından da anlaşılacağı üzere doğal taş ve mermer diye anılabilecek çok çeşitli kayaç türleri vardır. Bu kayaç türleri, çeşitli boyutlarda kesildikten, işlendikten ve parlatıldıktan sonra inşaat sektöründe farklı amaçlarla kullanılabilen önemli materyallerdir.

Geçmişten günümüze inşaat sektöründe artan oranlarda kullanılmaya devam edilen bu önemli malzemenin, bu kullanım oranı ona önemli bir maddi değer kazandırmaktadır. Bununla birlikte çıkarılan doğal taşların dayanıklılığı, parlaklığı, renk çeşitliliği ve işlenebilirliği gibi unsurlar ekonomik değerini ve kullanım alanını doğrudan etkilemektedir [6].

Bunun yanında ekonomik değer ve kullanım alanlarını etkileyen bu parametreler mermer olarak kullanılacak kayacın türüne bağlıdır. Temel bileşimi benzer olmakla birlikte inşaat sektöründe ortak amaçlarla kullanılacak kayaç türlerinin fazla olması ve bu türden kayaçların doğrudan mermer olarak sınıflandırılması söz konusudur. Bu durumun oluşturduğu tanımlama güçlüğüne önlemek amacı ile literatürde ve sektörde küresel ölçekte kabul görmüş bir yaklaşım olarak, bu türden kayaçlar boyutlandırılmış blok taş olarak anılmaktadır [6, 7].

Bu temel yaklaşımdan hareketle mevcut uygulamalarda blok halinde çıkarılıp kullanım alanına göre işlenebilen ve boyutlandırılmış blok taş olarak anılan kayaç türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [8].

- Granit
- Andezit



- Bazalt
- Fenolit
- Gabro
- Kumtaşı
- Konglomera
- Traverten
- Kayrak taşı
- Fillit
- Gnays



Şekil 2.1. Bazı boyutlanabilir taşlar

Bu sıralamanın içerisinde bulunan kayaçlar, başlıca magmatik kökenli kayaçlar, metamorfik kayaçlar ve sedimanter kökenli kayaçlar olmak üzere farklı köken ve başkalaşım proseslerinden geçmiş olsalar da kesme ve işleme proseslerinden sonra benzer amaçlar için kullanılabilirler. Bununla birlikte bu farklı türden kayaçlar kaya döngüsü olarak bilinen jeolojik bir süreçte birbirlerine dönüşebilmektedirler. Bu türden kayaçların sınıflandırılması çeşitli özelliklerinden faydalanılarak yapılmakta olup, sınıflandırmada kullanılan gruplar aşağıdaki gibidir [9].

- Kayacın oluştuğu mineral tane boyutuna göre yapılan sınıflandırmalar
- Mineral bileşimine göre yapılan sınıflandırmalar
- Yapısına ve dokusuna göre yapılan sınıflandırmalar

- Sertliğine göre yapılan sınıflandırmalar
- Rengine göre yapılan sınıflandırmalar
- Kökenine göre yapılan sınıflandırmalar
- Jeolojik oluşum sürecine göre yapılan sınıflandırmalar
- Ekonomik değeri ve pazar payına göre yapılan sınıflandırmalar

## **2.1. Dünyada Doğal Taş ve Mermer Üretimi**

Dünya genelinde düşünüldüğünde tarihi en eski madencilik faaliyetlerinden biri olan doğal taş ve mermer üretimi dünya üzerinde oldukça geniş bir alanda yürütülen bir madencilik ve sanayi koludur. Bundan dolayıdır ki bu faaliyetler küresel ölçekte çok önemli bir ekonomik büyüklük oluşturmuştur. Birçok ülkenin önemli dış ticaret gelirlerinden birisi doğal taş ve mermer satışından gelmekte ve bu ülkelerde gerek dış piyasaya gerekse iç piyasaya yapılan bu üretim faaliyetlerin önemli sayıda iş gücü istihdam edilmektedir.

Dünya çapında tür ve çeşitleri önemli farklılıklar göstermesine rağmen boyutlandırılmış taş olarak ifade edilebilen ürünleri üretebilen birçok ülke vardır. Bu ülkelerin başında İtalya, Çin, Portekiz, Türkiye, İspanya, Yunanistan, Pakistan, İran, Rusya gibi ülkeler gelmektedir.

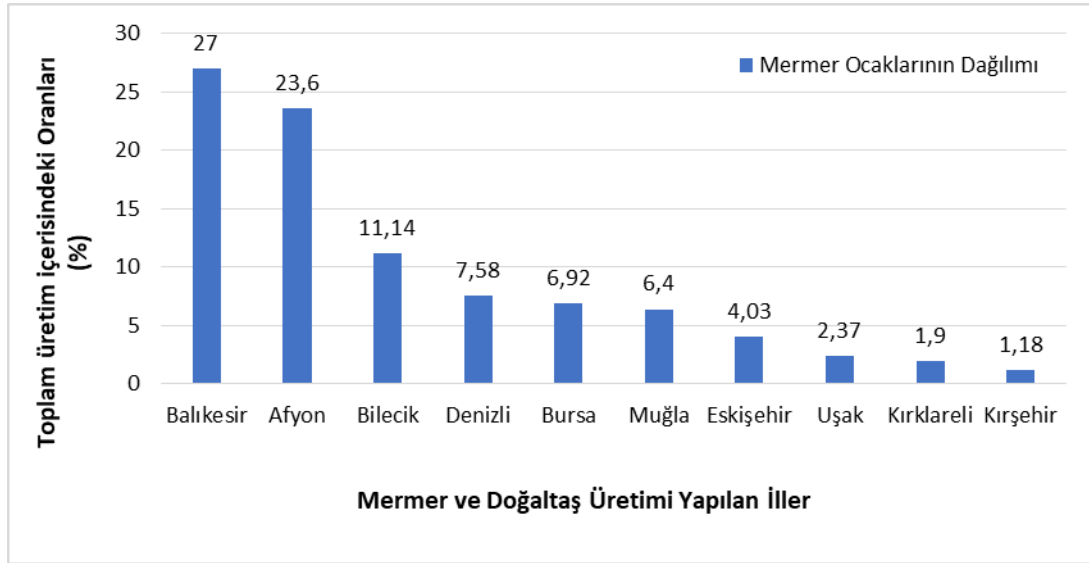
Her ne kadar dünya çapında mermer ve doğal taş üretim ve satışında söz sahibi olan ülkeler aynı zamanda önemli boyutlarda doğal taş ve mermer madenlerine sahip olsalar da mevcut pazarda söz sahibi büyüklüklere ulaşmayı etkileyen bir diğer önemli faktör de, madenlerden çıkarılan mermer bloklarını işleyebilecek teknolojik alt yapı ve bu konu hakkında eğitilmiş insan gücüne sahip olmaktır.

## **2.2. Türkiye’ de Doğal Taş ve Mermer Üretimi**

Ülkemizin bulunduğu coğrafi alan itibarı ile geçmişten günümüze doğal taş ve mermer üretiminde önemli bir kapasiteye sahip olup, bu alanda yaptığı üretim ve satış miktarı ile sektörde dünya genelinde oldukça büyük bir paya sahiptir.

Ülkemizin bu pazar payına ulaşmasında sahip olduğu mermer ocaklarından çıkarılan ve piyasa koşullarında aranan mermer çeşitlerinin miktar ve özelliklerinin yanında, özellikle mermer işleme faaliyetlerindeki kapasitesinin artması da önemli rol oynamaktadır. Ülkemizde çok değişik özellik ve renklerde mermer ve doğal taş üretimi yapılmakla birlikte uluslararası düzeyde önem kazanmış bazı mermer türleri Süpren, Elazığ Vişne, Akşehir Siyah, Manyas Beyaz, Bilecik Bej, Kaplan Postu, Denizli Traverten, Ege Bordo, Milas Leylak, Gemlik Diyabaz, Afyon Şeker olarak sayılabilir [6, 10].

Türkiye'nin sahip olduğu mermer rezervlerinin büyük bölümü Marmara ve Ege Bölgeleri'nde bulunmakta olup, oran olarak daha az olmakla birlikte İç Anadolu ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde de mermer ocakları bulunmaktadır. Ülkemizin başlıca mermer üretimi yapılan illerinin toplam üretim içindeki oranları Şekil 2.2.'de verilmiştir.



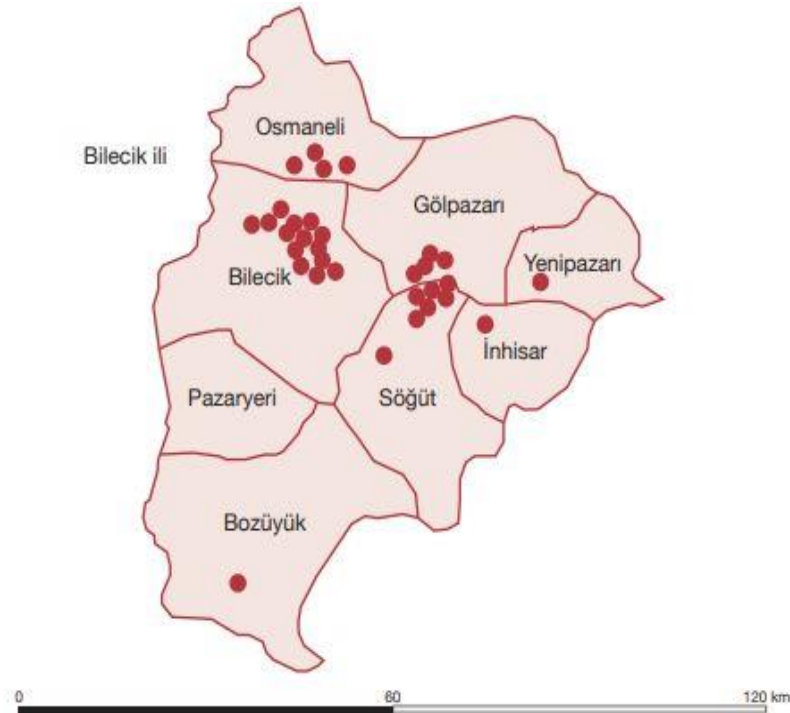
Şekil 2.2. Türkiye' de bulunan mermer ocaklarının illere göre dağılımı

Buna göre en büyük rezerv ve üretim kapasitesine sahip illerin Balıkesir, Afyon ve Bilecik olduğu ve toplam üretimin %60'ından fazlasının bu üç ilde yapıldığı söylenebilir. Mermer ve doğal taş ocaklarının fazla olmasının getirdiği doğal bir sonuç olarak, mermer işleme tesislerinin büyük bölümü de yine bu üç ilde toplanmıştır.

### 2.3. Bilecik İlinde Doğal Taş ve Mermer Üretimi

Bilecik ili mermer ve doğal taş rezervleri bakımından oldukça önemli kaynaklara sahip olmasının yanında, bu rezervlerin işlenmesi için kurulmuş birçok mermer işleme tesisi ile sektör açısından önemli merkezlerden biridir.

İldeki en önemli ve dünya piyasasında pazar payına sahip mermer çeşitleri Bilecik Beji, Gölpazarı Beji ve Söğüt Beji olarak sayılabilir. İldeki toplam doğal taş ve mermer rezervi ile ilgili kesin veriler bulunmamakla birlikte konu ile ilgili yapılan çalışmalar rezervin 400 milyon m<sup>3</sup>' ün üstünde olduğunu göstermektedir [11]. Şekil 2.3.'te Bilecik ilinde bulunan mermer ocakları ve işleme tesislerinin ilçelerdeki yoğunluğu verilmektedir [11].



Şekil 2.3. Bilecik ilindeki mermer rezervlerinin ilçelere dağılımı [11].

## 2.4. Doğal Taş ve Mermer Üretim Prosesi

Doğal taş ve mermer üretim süreci, her ne kadar geçmişte çok eskilere dayanan bir süreç olsa da günümüz modern teknolojilerinin getirdiği imkanların sektöre uygulanması ile birlikte hem üretim kalitesi hem de üretim miktarı olarak önemli ilerlemeler kaydetmiştir.

### 2.4.1. Doğal taş ve mermer ocağı üretim süreci

Mermer ocakları açık maden ocağı şeklinde işletilen ocaklardır. Bu yöntemde öncelikli olarak ulaşılmak istenen mermer bloklarının bulunduğu alandaki bitki örtüsü, toprak tabakası ve varsa istenmeyen kaya tabakaları kaldırılarak maden alanı temizlenir. Bununla birlikte ocağın işletilmesi için gerekli yollar ve diğer donatılarda bu aşamada oluşturulur.



Şekil 2.4. Tipik bir mermer ocağının genel görünümü

Genel olarak üretim çok kuvvetli bir yapıya sahip elmaslı teller kullanılarak yapılan kesme işlemi ile gerçekleştirilmektedir.

Bu yöntemin yaygın olarak benimsenmesinin nedeni, ocaklardaki formasyonun az çatlaklı oluşu ve tel kesme yöntemiyle yüksek üretim kapasitelerine ulaşılabilmesidir. Elmaslı tel kesme yöntemi ile mermer üretimi, kesilmesi planlanan doğal taş ve mermer kütlesi içerisinde birbirini ile bağlantılı olarak delinen yatay ve dikey deliklerin açılması ve kesme işlemini gerçekleştirecek elmaslı tel ismi verilen kesici telin, bu deliklerden geçirilerek, delikler arasında kalan mermer kütlesini kesmesi ve kesilen mermer kütlesinin devrildikten sonra prizmatik bloklar halinde doğranması şeklinde ilerler. Kullanılan kesme telinin mermer kütlesi içerisinde hareketini sağlayarak kesme işleminin gerçekleştirilebilmesi için Şekil 2.5.'te görülen ekipmanlar kullanılmaktadır.

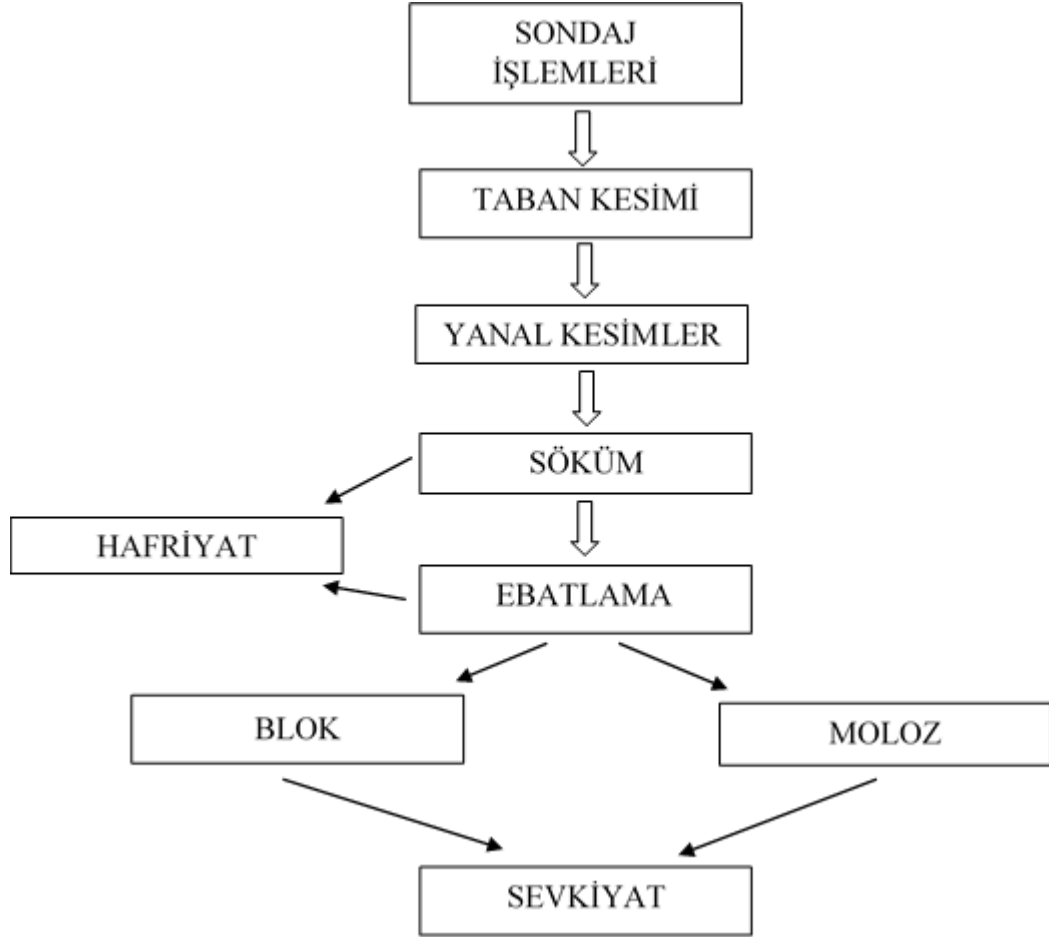


Şekil 2.5. Mermer bloklarının kesimi ve kullanılan ekipmanlar

Kesim yapılacak noktaların belirlenmesinde ocağın bugün ve gelecekte hangi plana göre işletileceğinin planlanması en önemli konulardan birisidir. Kesim planlaması yapılırken aşağıdaki önemli hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

- Kesilen mermer özelliklerindeki süreksizlikler
- Homojen yapının devamı
- Elde edilmek istenen renk ve desenin durumu
- Bloklar içerisindeki diğer oluşumlar
- Kesilecek mermer bloğun işleme ve kullanım amaçları

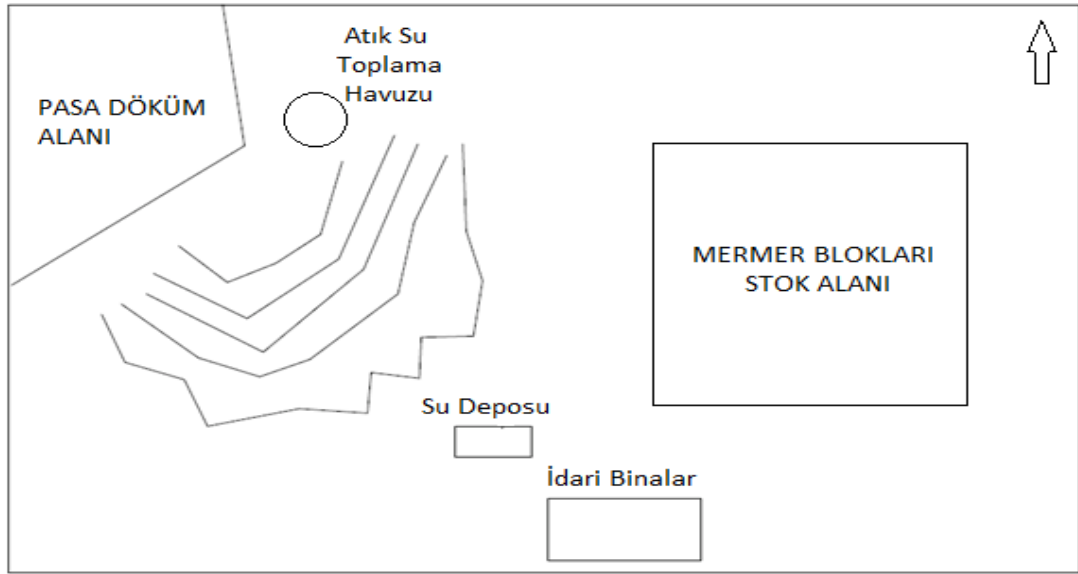
- Çalışma kolaylığı ve verimi
- Kullanılan makine, ekipman ve mevcut personelin durumu



Şekil 2.6. Mermer blokları üretimi akım şeması

Tipik bir mermer ocağına ait vaziyet planı Şekil 2.7.'de verilmektedir. Şekil 2.7.'de görüldüğü üzere tipik bir mermer ocağı, mermer bloğu kesim alanı, pasa döküm alanı, atık su toplama havuzu, idari binalar, su depoları ve stok alanı gibi birimlerden meydana gelir.





Şekil 2.7. Tipik bir mermer ocağı vaziyet planı

#### 2.4.2. Doğal taş ve mermer işleme tesisi üretim prosesi

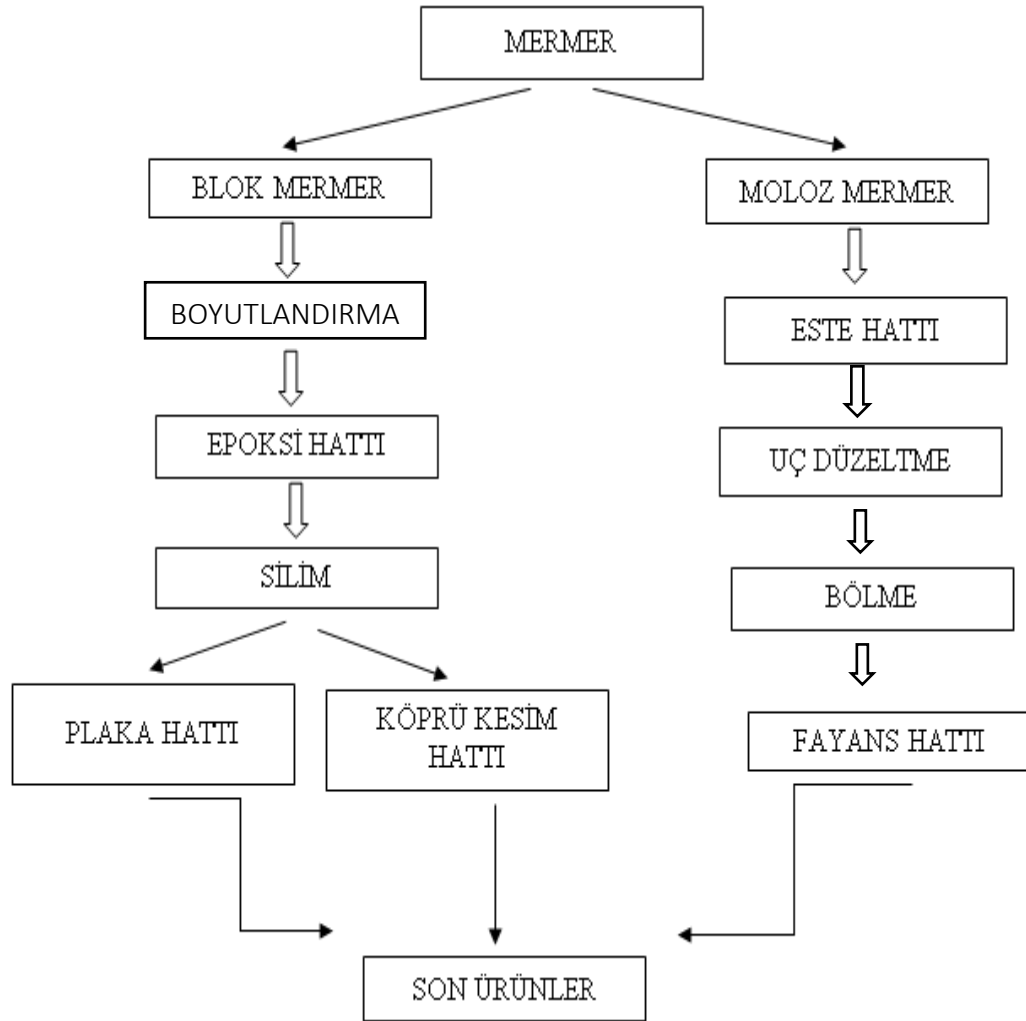
Doğal taş ve mermer işleme tesislerinde, mermer ocaklarından blok ve moloz halinde temin edilen mermerler, işletmenin ürün çeşidine ve müşterilerden alınan siparişlerin özelliklerine göre çeşitlilik göstermek üzere farklı boyutlarda ve şekillerde kesildikten sonra işlenirler.



Şekil 2.8. Mermer işleme tesisi ve işlenmiş mermerler



İşleme prosesi genellikle epoksi uygulanarak yüzeydeki küçük çatlak ve oyukların doldurulmasından sonra, pürüzlerin giderilmesi ve parlatma işlemlerinin gerçekleştirilmesinden oluşur. Bu işlemlerde son ürün olarak prodesten çıkan mamuller plaka, basamak ve rıht ve döşeme gibi genel gruplar olarak ifade edilebilir.



Şekil 2.9. Mermer işleme tesisi genel akım şeması

## 2.5. Doğal Taş ve Mermer Ocakları ve İşleme Tesislerinin Çevresel Etkileri

Doğal taş ve mermer ocakları ve işleme tesisleri her ne kadar özel bir üretim kolu olsa da, tüm madencilik faaliyetleri gibi çevresel açıdan önemli riskler barındırmakta ve doğal çevre açısından önemli etkiler göstermektedir.

Bu etkilerin başında mermer ocaklarının açık maden ocağı şeklinde işletilmesi ve ocaklarda mermer kütlesine ulaşmak için, maden alanındaki doğal bitki örtüsünün ve toprak tabakalarının tahrip edilmesi gelmektedir. Her ne kadar alanda yapılan madencilik faaliyeti bitirildiğinde, kullanılan alanın eski haline getirilme zorunluluğu olsa da, bu işlemlerin bazı durumlarda yapılmaması veya hatalı yapılması doğal çevreyi bozmaktadır.

Bunun yanında mermer ocakları ve işletmelerinin çalışmaları sonucunda önemli oranda atık su, emisyon ve katı atık oluşumu görülmektedir. Bu atıklar eğer uygun bertaraf yöntemleri kullanılarak bertaraf edilmez ise çevre açısından önemli zararlar verebilmektedir.

## **2.6. Konuyla İlgili Olarak Daha Önce Yapılmış Bilimsel Çalışmalar**

Bhadra ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada çevresel anlamda bir inceleme yapmak için maden alanı haritalaması, Makrana Mermeri ve Jodhpur Kum Taşı Madenleri'nde zamansal uydu bilgileri kullanılarak bir proje yapmışlardır. Madencilik sahalarının haritalandırılmasında, mineral rezervlerinin yönetiminde ve çevresel etkilerin incelenmesinde uzaktan algılama ve CBS yöntemlerinin faydası olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmada 2003 yılı uydu bilgilerine dayanarak Makrana Mermeri ve Jodhpur Kum Taşı Madeni'nin 3.13 km ve 17.35 km olduğu belirlenmiştir. Maden haritalamasında Makrana ve Jodhpur bölgelerindeki madenler boyutlarına göre incelenmiştir. Makrana 'da 495 maden (<10000 m<sup>2</sup>) ve Jodhpur bölgesinde aynı boyutta 22 maden olduğu belirlenmiştir. 2.51 km<sup>2</sup>' lik 817 kiralama sahası olarak Rajasthan Makrana'da, 21.5 km<sup>2</sup>' lik 11948 kiralama sahası olarak Jodhpur madencilik sahasında Maden ve Jeoloji Bölümü tarafından alanlar ayrılmıştır. Son yıllarda Jodhpur madencilik faaliyeti Makrana madencilik faaliyetindeki drenaj hasarına oranla doğal drenajda fazla miktarda yıkıma sebep olmuştur. Jodhpur madencilik faaliyetinde 27.4 km uzunluğunda yıkım olmuştur. Jodhpur bölgesindeki Ana Keru Kanalı'nın yarısını kum taşı madenciliği yok etmiştir. Bu inceleme, bilinçsiz şekilde yapılan yöntemlerin uygulandığı madenlerde, canlı ve cansız varlıklar üzerinde olumsuz etkilerin oluştuğunu göstermiştir.

Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için bilinçsiz şekilde uygulama yapan gruplanmış madenlerin önemli mineral rezervlerinin doğru yöntemlerle çıkarılması ve bilinçli çevre yönetimi için kooperatif toplumu önderliğinde toplanması gerektiği öngörülmektedir [12].

Zornoza ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, mermer ocağı ve kesme atıklarının fındık üretimi üzerindeki etkisini incelemek için deney yapmışlardır. Mermer ve traverten üreticisi olan Türkiye’de çevresel problemlerden biri de doğal taş prosesinde oluşan atıklardır. Bu tür atıklarda kalsiyum karbonat miktarı fazla olduğundan asit ve kalsiyum miktarı düşük olan toprakların iyileştirilmesinde kullanılarak atık miktarı azaltılabilir. Bu çalışmadaki hedef mermer ocağı ve kesme aşamasında ortaya çıkan atıkların toprak özellikleri ve tombul fındık çeşidinin tarla koşullarına olan etkilerini incelemektir. Bu çalışma 1 yıl süresince Giresun’da yapılmıştır. Toprağın nötralizasyonu ve fındık üretiminde mermer atıklarının önemli bir etmen olduğu bu çalışmanın sonucunda belirlenmiştir. Toprakta uygulanması gereken kireç ihtiyacına aynı miktarda mermer atığı uygulanmış olup toprağın pH’ı 4.71’den 5.88’e çıkarılmıştır. Mermer atık uygulaması yapılmayan toprakta fındık üretimi 1120.3 kg iken mermer atıkları uygulaması ile 1605.5 kg ‘a çıkarılmıştır. Sonuç olarak yapılan bu çalışmada mermer ocağı ve kesme atıklarının fındık üretimini arttırmak amacıyla kullanılabileceği belirlenmiştir [13].

Rajgor ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, Hindistan’daki mermer kesme tozu atıklarının değerlendirilmesini incelemişlerdir. Atık yönetimi üretim veya imalat tesisleri için önemli bir yapı taşıdır. Her yıl yüksek miktarda taş ocağı atığı üretilmekte olup, işleme tesislerinde de oluşan atıklar buna benzerdir. Birçok atık türü oluşmakta olup, bu atıklar mermer çamuru içermektedir. Hindistan’da endüstriyel işletmelerde yoğun miktarda yan ürün olarak çevreye kirliliğine neden olan mermer kesme tozu atıkları oluşmaktadır. Mermer kesme tozu atıkları beton yapımında kullanılmaktadır. Bunun gayesi ise geri kazanıma katkı sağlamak ayrıca mermer atıklarından da tuğla yapımını desteklemektir [14].

Tozsın ve ark. (2014), gerçekleştirdikleri çalışmada ölçülü taş ürünlerinin devamlılığını sağlamak amacıyla bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada ölçülü taşın yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) teorisi ile kayanın çıkarılmasından üretim aşamasındaki en son sürecine kadar oluşan çevresel etkileri belirlemek için tüm aşamalar analiz edilmiştir. Yapılan bu proje ölçülü taş üreticilerinin ve araştırmacılarının ürünlerdeki devamlılığı etkin bir yapıda değerlendirme yapabilmek amacıyla üretim aşamalarına özgü yaşam döngüsü analizi için bilgi gruplarındaki eksikliği gidermede faydalı olmayı hedeflemektedir. Taş üretimindeki çevresel etkenleri belirlemek amacıyla bir yaşam döngüsü değerlendirme modeli belirlenmiştir. Bu çalışmada İtalyan granit ve mermer sektörü işlemleri belirlenmiş ve yaşam döngüsü değerlendirme faktörlü bir model ortaya konmuştur. Bu modelin faydası taş endüstrisini analitik ve aynı zamanda esnek bir yapıyla yatay olarak besleme ihtimalidir [15].

Oreshkin ve Proshljakov (2019), yaptıkları çalışmada İspanya'da faaliyeti bitmiş bir maden alanında mermerin işlenmesi aşamasında oluşan atık çamurun faydalarını gözlemlemek için katkı maddesi olarak yıl boyunca alanda deneyler yapmışlardır. Topraktaki baskın sıvı türler, jeokimyasal hesaplamalar neticesinde sülfat kompleksleri ve serbest metal iyonlarıdır. Bu çalışmaya göre atık çamurlar değişken metal havuzlarında sülfat, demir, alüminyum, mangan ve diğer az tehlikeli elementlerin yoğunluklarını düşürmede etkendirler [16].

### **BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOT**

Günümüzde artan şehirleşmenin bir sonucu olarak inşaat sektörü hızla gelişmiş ve sektörün girdilerine olan talep büyük ölçüde artmıştır. Bu girdilerin en önemlilerinden birisi de inşaat sektöründe geçmişten günümüze çok yaygın olarak kullanılan doğal taş ve mermerlerdir. İhtiyacın karşılanabilmesi için küresel ölçekte doğal taş ve mermer üretimi artmıştır. Günümüz modern araç ve ekipmanlarının kullanımı bu artışı daha da hızlandırmaktadır.

Bununla birlikte açık maden ocağı olarak işletilen doğal taş ve mermer ocaklarının artan üretim oranları, önemli çevresel riskleri de beraberinde getirmiştir. Faaliyet alanı olarak doğal çevrenin içinde gerçekleştirilen üretim nedeni ile bu risklerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması çevre kirliliğinin önlenmesi için çok önemlidir.

Ayrıca günümüz tüm sektörlerde uygulanan çevresel kısıtlayıcı tedbirler ve çıkarılan yasa ve yönetmeliklerde, diğer sektörlerde olduğu gibi doğal taş ve mermer üretiminde de gerekli çevresel tedbirlerin alınmasını zorunluluk haline getirmiştir. Yine günümüz tüketicilerinin çevre duyarlılığının artması ile birlikte oluşan yoğun çevresel taleplerinin karşılanması amacıyla küresel ölçekte kabul gören modern üretim anlayışı da her sektörde olduğu gibi doğal taş ve mermer üretiminde de atık oluşumunun azaltılması ve bertarafı konusunda gerekli işlemlerin yapılmasının önemini arttırmıştır.

Ancak özellikle doğal taş ve mermer üretiminin imkânların kısıtlı olduğu alanlarda yapılması ve madencilik sektörünün gereklilikleri gereği bu üretim faaliyeti için uygulanabilir bir atık yönetim ve bertaraf modeli oluşturmayı zorlaştırmaktadır. Sürdürülebilir ekonomik ve çevreci bir atık yönetim modeli oluşturulabilmesi için başlıca gereklilik sektörden oluşan atık tür ve miktarının çok iyi belirlenmesidir.

Bu ihtiyaçtan yola çıkılarak gerçekleştirilen bu çalışmada, doğal taş ve mermer ocakları ile işleme tesislerinin çevresel etkilerinin incelenmesi ve ortaya çıkan atık tür ve miktarlarının belirlenmesi ve mevcut kullanılan bertaraf yöntemlerinin yeterliliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşılması için gerçekleştirilen çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan yöntemler bu bölümde anlatılmıştır.

### 3.1. Çalışma Alanının (Bilecik İli) Seçilmesi

Ülkemiz endüstriyel adı ile boyutlandırılabilir taş üretiminde dünya genelinde önemli bir hacme ulaşmış olup, üretim hacmini gün geçtikçe arttırmaktadır. Bu artıştaki en önemli neden ülkemizin bu alanda önemli rezervlere ve ocaklardan çıkarılan mermerlerin işlendiği tesislere sahip olmasıdır. Ülkemizdeki mermer ocakları birçok bölgemizde yaygın olarak bulunsa da, ağırlıklı olarak üretim yapılan bölgelerimiz Marmara ve Ege Bölgesi'dir.



Şekil 3.1. Bilecik ilinin konumu ve ilçeleri

Bilecik ili Marmara Bölgesi'nde bol ve piyasa değeri yüksek mermer ve doğal taş rezervlerine sahip, sektörde öncü illerimizden birisidir. Bunun yanında ilde çok sayıda mermer işleme tesisi de bulunmaktadır.

Mermer madenciliği ve işlenmesi ile ilgili faaliyetlerin her ikisinin de yoğun olarak gerçekleştiriliyor olması, çalışma alanı olarak Bilecik ilinin seçilmesinde göz önünde bulundurulan en önemli etkidir.

Bilecik ili Marmara, Ege ve İç Anadolu Bölgeleri'nin kesişim noktası olan bir konuma sahiptir ve Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alır. Deniz seviyesinden yüksekliği 500 m ve yüz ölçümü 4307 km<sup>2</sup> olan ilin büyük bölümü tepelik ve derin vadilerle bölünmüş düzlüklerden oluşur.

### 3.2. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Oluşan Atıkların Belirlenmesi

Doğal taş ve mermer ocakları ile mermer işleme tesislerinde, yürütölen üretim faaliyetleri sonucu, oluşun atık tür ve miktarlarının belirlenmesi için, çalışma sahası olarak belirlenen Bilecik ili sınırlarında bulunan ve özel şirketler tarafından işletilen mermer ocakları ve işleme tesislerine gidilerek incelemeler yapılmıştır. Yapılan bu saha çalışmasında, atıklarla ilgili bilgi ve veriler, tesis sorumluları ve tesislerden sorumlu çevre danışmanlarının beyanlarına göre derlenmiştir.



Şekil 3.2. Saha çalışmasında ziyaret edilen bir tesisteki çalışmalar

Ziyaret edilen mermer ocakları ve işleme tesislerinin seçiminde, Bilecik ilinde bulunan ocak ve tesis kapasiteleri incelenmiş ve saha çalışmaları için seçilen tesislerin ortalama kapasitelerde olmasına ve il genelini temsil edebilmesine çalışılmıştır.

Saha çalışmalarında su kullanımı, atık su ve arıtma çamuru oluşumu ve diğer katı atıkların oluşumu ve miktarı ile ilgili bilgiler alınmış, bu atıkların bertarafı ile ilgili yapılan faaliyetler izlenmiştir.

### **3.3. Su Kullanımı ve Atık Su Oluşumu İle İlgili Veriler ve Hesaplamalar**

Mermer ocakları ve işleme tesislerinde su benzer amaçlarla olmak üzere, kesme işlemlerinde kullanılan ekipmanın ısınmasını önlemek amacı ile kullanılmaktadır. Bununla birlikte doğal taş ve mermer ocaklarındaki kullanım miktarı, atık su oluşumu ve atık suyun toplanması ile mermer işleme tesislerindeki, su kullanım miktarı, atık su oluşumu ve atık su toplama miktarları birbirinden farklıdır.



Şekil 3.3. Kesme telinin ısınmasının önlenmesi amacı ile su kullanımı



Mermer ocaklarında yapılan incelemeler ve alınan bilgilere göre bir ocağın günlük ortalama su kullanımı  $10 \text{ m}^3$ , mermer işleme tesislerindeki su kullanımı ise günlük ortalama  $35 \text{ m}^3$  olarak belirlenmiştir. Ortalama atık su oluşumu ise ocaklarda günlük  $6 \text{ m}^3$ , işleme tesislerinde ise  $25 \text{ m}^3$  olarak belirlenmiştir. Bu su kullanımı ve atık su oluşum miktarları ve Bilecik ilinde bulunan doğal taş ve mermer ocakları ve işleme tesisi sayıları kullanılarak il genelindeki mermer sektörünün kullandığı su miktarı ve oluşan atık su miktarları hesaplanmıştır.

#### **3.4. Arıtma Çamuru Oluşumu ve Miktarları ile İlgili Veriler ve Hesaplamalar**

Mermer ocakları ve işleme tesislerindeki atık sular toplandıktan sonra bir çöktürme havuzuna alınmakta ve ihtiyaç duyulan süreden sonra çöken katı kısımlar arıtma çamurlarını oluşturmaktadır. Bu çalışmada ocak ve tesislerde oluşan arıtma çamurları miktarı ocaklar için günlük yaklaşık  $0.05 \text{ ton}$ , işleme tesislerinde ise ortalama günlük yaklaşık  $0.2 \text{ ton}$  arıtma çamuru oluşmaktadır.



Şekil 3.4. Arıtma işleminden sonra oluşan arıtma çamurları

Oluşan arıtma çamurları belirli zaman aralıkların da havuzlardan alındıktan sonra bir süre tesiste depolanmakta daha sonra ise uygun bertarafa veya depolama tesisine gönderilmektedir.

Bilecik ili genelindeki mermer ocakları ve işleme tesislerinde oluşan arıtma çamuru miktarlarının belirlenmesinde tesislerde ortalama günlük oluşan çamur miktarları ve işletme sayıları kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

### **3.5. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Oluşan Diğer Sıvı ve Katı Atıklar**

Yapılan saha çalışmaları sonucunda edinilen bilgilere göre mermer ocakları ve işleme tesisinde oluşan katı ve sıvı atıklar miktar olarak farklılık göstermesine karşılık tür olarak benzerdir. Tesislerde atık su ve arıtma çamuru haricindeki atıkların varlığı ve miktarı incelenirken atıklar sınıflandırılmış ve kullanılan atık grupları aşağıda sıralanmıştır.

- Atık yağlar
- Kontamine ambalajlar ve kontamine atıklar
- Atık pil ve akümülatörler
- Ömrünü tamamlamış lastik atıkları
- Evsel atıklar (Kağıt, karton, plastik ve cam atıkları)
- Tıbbi atıklar (Revir Kaynaklı)

Yapılan çalışmada gerek ocaklarda gerekse mermer işleme tesislerinde oluşan ve evsel atıklar olarak sınıflandırılabilir, kağıt, karton, plastik ve cam atıklarının miktar ve türleri belirlenmiş olmasına rağmen, bu veriler kullanılmamıştır.

### **3.6. Atık Su Analizleri ve Kullanılan Yöntemler**

Saha çalışması sırasında oluşan atık suyun içeriğinin belirlenmesi amacı ile çöktürme tankı giriş ve çıkış sularından, yürürlükte bulunan yönetmeliklerde istenen değerlere göre analizleri yapılması amacı ile numuneler alınmıştır.

Mevcut Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde, mermer ocağı ve işleme tesisi atık sularına ait incelenecek parametreler yönetmeliğe ait tablolardan, Tablo 7.5.'te

sıralanmaktadır. Alınan numunelerde bakılan parametreler ve söz konusu analizlerde kullanılan yöntemler Tablo 3.1.'de verilmektedir.

Tablo 3.1. Atık su numunelerinde yapılan analizler ve analizlerde kullanılan yöntemler [17].

Analizler	Analiz Yöntemleri	Standart Yöntemlerin Açıklanması
Askıda Katı Maddeler	SM 2540 D	Su ve atık suyun incelenmesi için standart yöntem. 103-105 °C sıcaklıkta kurutulmuş askıda katı madde
pH	SM 4500 H <sup>+</sup> B	Su ve atık suyun incelenmesi için standart yöntem. Elektrometrik yöntem
Renk	SM 2120 C	Su ve atık suyun incelenmesi için standart yöntem. Renk
Yağ ve Gres	SM 5520 D	Su ve atık suyun incelenmesi için standart yöntem. Yağ ve gres, ekstraksiyon yöntemi
Krom (Cr <sup>+6</sup> )	SM 3500 Cr B	Su ve atık suyun incelenmesi için standart yöntem. Altı değerlikli krom, kolorimetrik yöntemler

### 3.7. Arıtma Çamuru Analizleri ve Kullanılan Yöntemler

Mermer üretiminden kaynaklanan atık suların çöktürülmesi işlemi sonrasında alınan arıtma çamuru numunelerinde yapılan analizler ve analizlerde kullanılan yöntemler Tablo 3.2.'de verilmektedir.

Mermer ocağı ve mermer işleme tesislerinin atık sularının arıtılması sonucu oluşan arıtma çamurlarının analizleri, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'in EK-2'sinde bulunan atıkların depolanması kriterleri uyarınca, yönetmelikte bulunan parametreler kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bunun yanında incelenen numunelerden elde edilen sonuçlar, atıkların düzenli depolanması ile ilgili atık sınıflarındaki sınır değerlerle karşılaştırılmış ve bu çamurların ne tür düzenli depolama tesislerinde depolanmaya uygun olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 3.2. Arıtma Çamuru numunelerinde yapılan analizler ve analizlerde kullanılan yöntemler [18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Analizler	Analiz Yöntemleri	Standart Yöntemlerin Açıklanması
KM (%)	TS 9546 EN 12880	Kuru kalıntı ve su muhtevası tayini
pH	SM 4500 H <sup>+</sup> B	Standart Elektrot Kullanılarak pH Değerinin Ölçülmesi
TÇKM (mg/l)	SM 2540 C	Yüksek Sıcaklıklarda Yakma Metodu
TOK (mg/kg)	TS 12089 EN 13137	Atıkların karakterizasyonu - Su, çamur ve çöktürlerde toplam organik karbonun (TOK) belirlenmesi
ÇOK (mg/l)	SM 5310 B	Yüzey sularında, evsel ve endüstriyel atıklarda toplam organik karbon tayini
LOI (%)	TS EN 12879	Kuru kütlede kızdırma kaybının tayini
Mineral Yağ (mg/kg)	EN 14039	Hidrokarbon İçeriğinin Gaz Kromatografisi ile Tayini
Çinko (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Krom (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Kurşun (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Nikel (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Bakır (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Baryum (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Civa (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Arsenik (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Antimon (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Kadmiyum (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Molibden (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Selenyum (mg/l)	EPA 200.7	Plazma-Atomik Emisyon Spektrometresi ile Su ve Atıklardaki Metallerin ve Eser Elementlerin Tayini
Sülfat (mg/l)	TS EN ISO 10304-1	Sıvı iyon kromatografisi ile tayin
Florür (mg/l)	TS EN ISO 10304-1	Sıvı iyon kromatografisi ile tayin
Klorür (mg/l)	TS EN ISO 10304-1	Sıvı iyon kromatografisi ile tayin
Fenol İndeksi(mg/l)	TS 6227 ISO 6489	Spektrometrik Metotlar ile fenol indeksi tayini
BTEX (Benzen,Toluen, Etilbenzen, Ksilen (mg/kg)	EPA 5021A/EPA 8260C	Denge Analizi Kullanarak Çeşitli Örnek Matrislerde Uçucu Organik Bileşiklerin (VOC) Belirlenmesi/
Poliklorlubifeniller (mg/kg)	EPA 3540C/EPA 3665A/EPA8082A	Gaz kromatografisi ile PCB tayini

### 3.8. Sonuçların Değerlendirilmesinde Kullanılan İstatistiksel Yöntemler

Çalışma kapsamındaki tüm analizler, Bilecik ilindeki mermer ocağı ve mermer işleme tesislerini temsil edecek şekilde seçilen üç farklı tesisten alınmış ve elde edilen sonuçların ortalaması olarak verilmiştir.

## **BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Tarihi çok eski yüzyıllara dayanan madencilik, doğal çevre açısından en önemli riskleri barındıran ticari faaliyetlerin başında gelmektedir. Hemen hemen her türlü madencilik faaliyetinin doğrudan veya dolaylı olarak çevre tahribatına yol açtığı bilinmektedir. Günümüz modern teknolojisinin üretim kapasitelerini çok yüksek boyutlara çıkarması, madencilik uygulamalarının çevresel risk potansiyelini dikkate değer ölçüde artırmıştır. Mevcut durumda bu durumla başa çıkılmasının yolu olarak bulunan en uygun yöntem getirilen kısıtlamalar ve kanuni düzenlemelerle, madencilik faaliyetlerinin çevre kirliliğine yol açmasının sınırlandırılmasıdır.

Doğal taş ve mermer üretimi bilinen en eski madencilik faaliyetlerinden biri olup, şehirleşmenin artması ve insanoğlunun sürekli yeni yapılar inşa etme çabasından dolayı önemi daha da artmış ve küresel ölçekte büyük hacimlere ulaşan madencilik ve sanayi alanı olmuştur. Mermer ocakları açık maden ocağı şeklinde işletilmekte olup, bu amaçla yapılan faaliyetlerin tamamı doğal çevrenin içerisinde gerçekleşmekte ve önemli çevresel etkilere yol açmaktadır. Mermer ocakları gibi açık maden ocakları, çevresel etkisine, madene ulaşmak için bitki örtüsü ve doğal toprak tabakasının kaldırılması ile başlar.

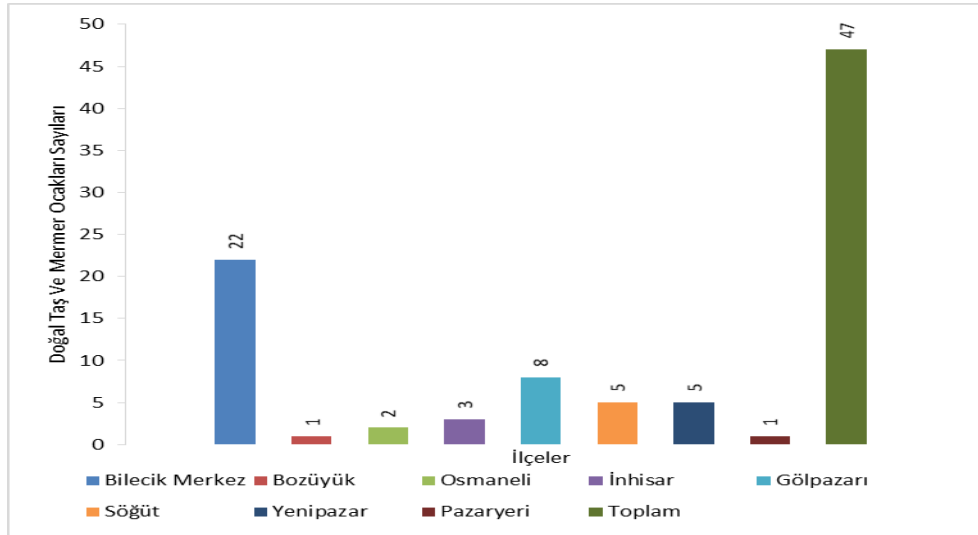
Her ne kadar mermer ocaklarının çalışma sahaları belirlenirken ve gerekli faaliyet izinleri verilirken, önemli çevre unsurlarından bitki örtüsü ve toprağın durumu önemli bir kriter olarak göz önünde bulundurulsa ve mermer üretim faaliyetleri sona erdiğinde sahanın eski haline getirilmesi için gerekli çalışmaları yapmak zorunluluğu varsa da bazı durumlarda çevresel etkilerin önüne geçmek çok zor olmakta ve önemli bir çaba gerektirmektedir.

Bundan dolayıdır ki çevreye verilecek zararın en aza indirilmesi için alınan önlem ve gösterilen çabaların başarılı olabilmesi için öncelikle yapılan faaliyetin tüm boyutları analiz edilmeli, atık kaynak ve çeşitleri belirlenmeli, çevresel riskler tanımlanarak boyutları tespit edilmelidir. Bu durum mevcut üretimin sürdürülebilirliği açısından da son derece önemlidir.

Bu tespitlerden yola çıkılarak hazırlanan ve doğal taş ve mermer madenciliği ile mermer işleme tesislerinin oluşturduğu çevresel risklerin belirlenmesi ve uygulanabilir bir atık yönetim sistemi oluşturulmasına katkı sağlanması amacıyla yürütülen bu çalışmada elde edilen bulgular bu bölümde verilmiş ve çalışma kapsamında toplanan sonuçlar literatürdeki benzer çalışmalarda ulaşılan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

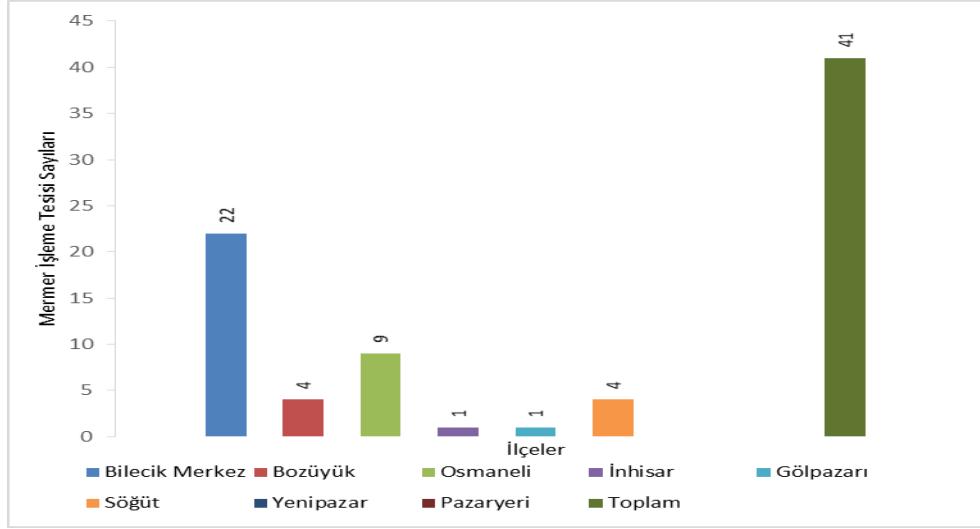
#### 4.1. Bilecik İlindeki Mermer Üretim Boyutları ve Bazı Çevresel Boyutları

Bilecik Türkiye'nin en önemli mermer ve doğal taş rezervlerine sahip olan Marmara Bölgesi'nde bulunmaktadır. Bundan dolayı bu çalışmanın inceleme alanı olarak seçilmiştir.



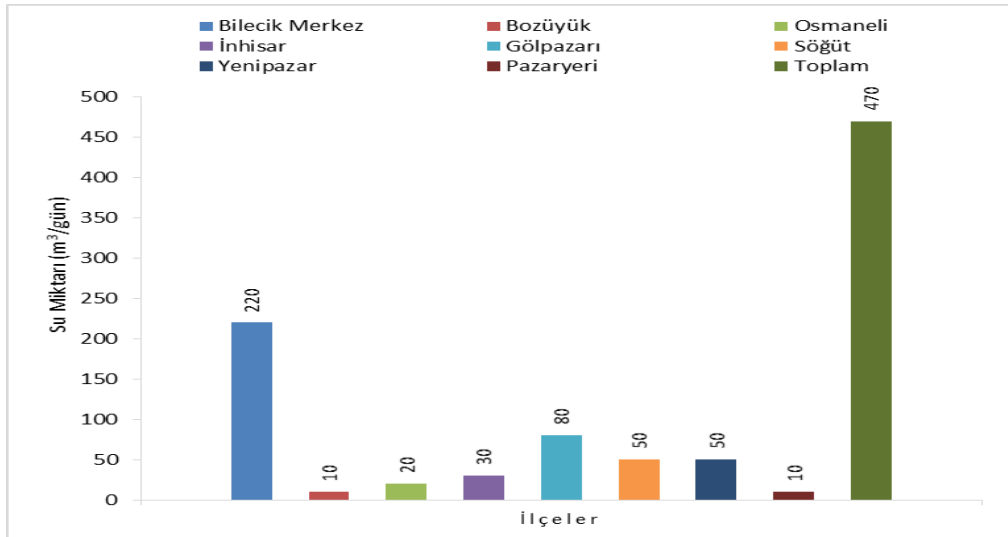
Şekil 4.1. Bilecik ili mermer ocaklarının ilçelere göre dağılımı

Bilecik ilinde bulunan doğal taş ve mermer ocakları ile mermer işleme tesislerinin sayıları ve ilçelere göre dağılımları Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir.



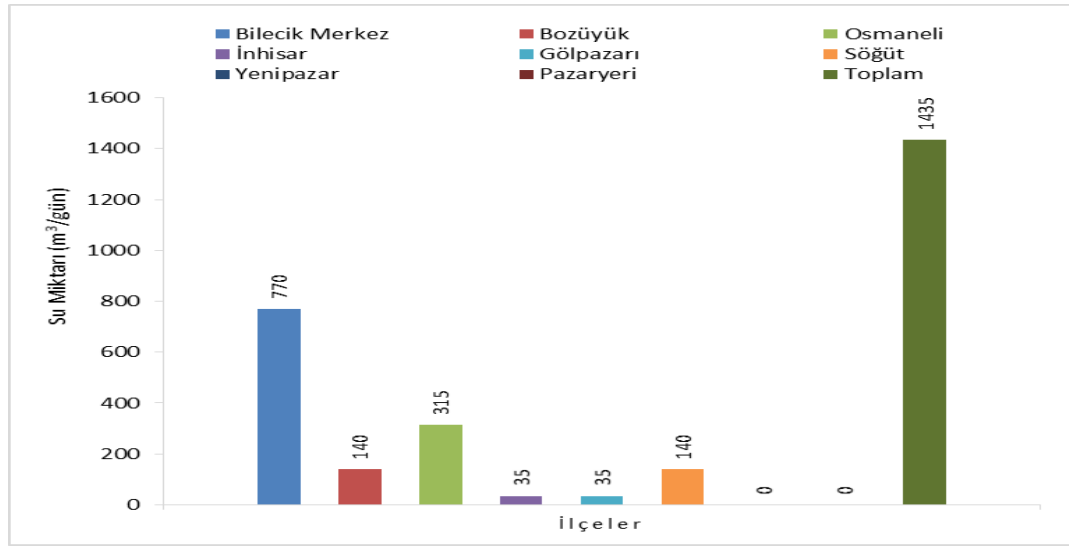
Şekil 4.2. Bilecik ili mermer kesim ve işleme tesisleri ilçelere göre dağılımı

Bilecik ilinde 47 adet mermer ocağı ve 41 adet de mermer kesim ve işleme tesisi bulunmaktadır (Şekil 4.1. ve Şekil 4.2.). Bununla birlikte doğal taş ve mermer piyasasındaki genişleme ve daralmaya bağlı olarak tesislerin üretim miktarları değişmektedir. Bunun yanında mermer ocakları ve işleme tesislerinin her ikisinde de en yüksek sayıda işletme Bilecik Merkez’de bulunmaktadır. Osmaneli, Gölpazarı ve Söğüt ilçeleri de mermer ocağı ve işleme tesisi açısından yoğun ilçeler olarak sayılabilir.



Şekil 4.3. Bilecik ili mermer ocaklarında kullanılan su miktarları

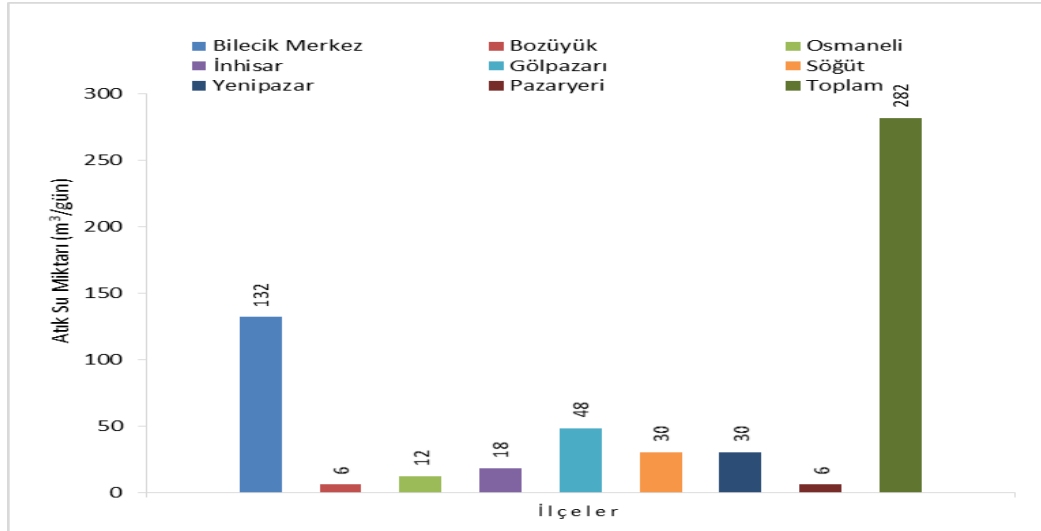
Bilecik ilinde bulunan mermer ocaklarında kullanılan su miktarları Şekil 4.3.'te verilmiştir. Buna göre Bilecik ilinde en fazla su kullanımı  $220 \text{ m}^3/\text{gün}$  ile Bilecik Merkez ilçesinde yapılmaktadır. Bozüyük ve Pazaryeri ilçelerinde bulunan mermer ocaklarında ise  $10 \text{ m}^3/\text{gün}$  su tüketimi yapılmaktadır. Bilecik'te bulunan diğer ilçelerde ise ortalama yaklaşık  $50 \text{ m}^3/\text{gün}$  su tüketimi yapılmaktadır. Bilecik il geneline bakıldığında mermer ocaklarında toplam  $470 \text{ m}^3/\text{gün}$  su kullanımı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.4. Bilecik ili mermer kesim ve işleme tesislerinde kullanılan su miktarları

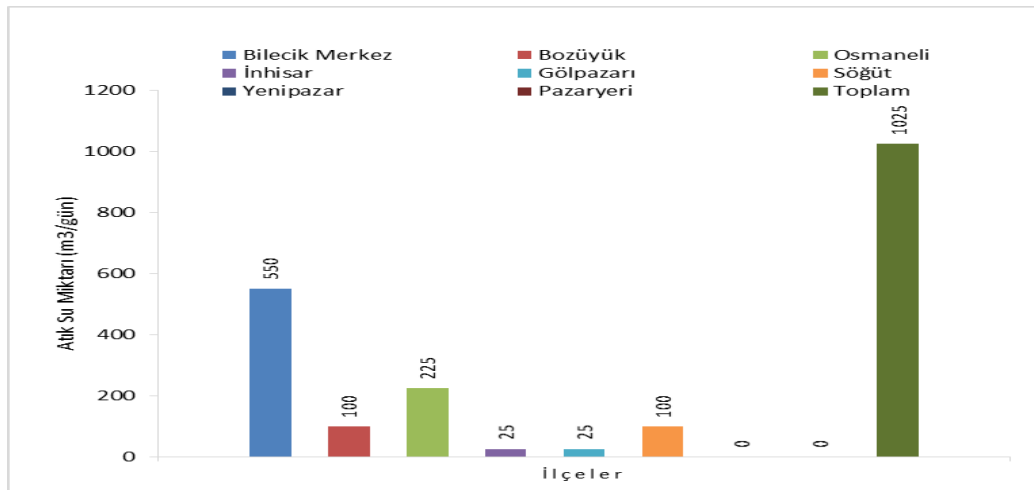
Bilecik ili mermer kesim ve işleme tesislerinde kullanılan su miktarlarına ait veriler Şekil 4.4.'te verilmiştir. Mermer ocaklarına kıyasla kesim ve işleme tesislerinde su tüketiminin daha fazla olduğu görülmektedir. Bilecik ilinde ilçelere göre inceleme yapıldığında mermer kesim ve işleme tesislerinde en fazla su kullanımı  $770 \text{ m}^3/\text{gün}$  ile Bilecik Merkez ilçesinde yapıldığı görülmüştür. Yenipazar ve Pazaryeri ilçelerinde mermer kesim ve işleme tesisi bulunmadığından dolayı bir su kullanımı söz konusu değildir. İnhisar ve Gölpazarı ilçelerinde birer adet tesis bulunduğundan  $35 \text{ m}^3/\text{gün}$ , Bozüyük ve Söğüt ilçelerinde  $140 \text{ m}^3/\text{gün}$  ve Osmaneli ilçesinde  $315 \text{ m}^3/\text{gün}$  su tüketimi yapılmaktadır. Mermer kesim ve işleme tesisleri Bilecik il geneli incelendiğinde ise toplam  $1435 \text{ m}^3/\text{günlük}$  bir su tüketimi yapıldığı görülmüştür.





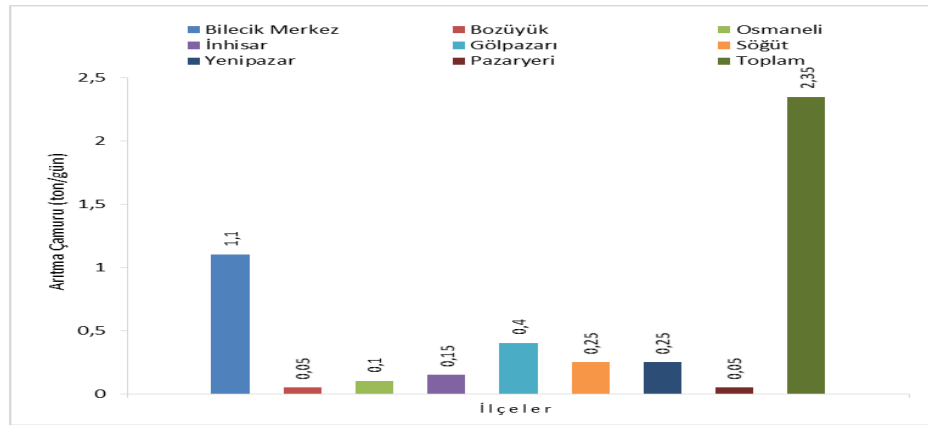
Şekil 4.5. Bilecik ili mermer ocaklarında oluşan atık su miktarları

Şekil 4.5.'te Bilecik ili mermer ocaklarında oluşan atık su miktarları verilmiştir. 132 m<sup>3</sup>/gün atık su oluşan Bilecik Merkez ilçesi en fazla atık su oluşan ilçedir. Birer mermer ocağı bulunan Bozüyük ve Pazaryeri ilçelerinde 6 m<sup>3</sup>/gün atık su oluşmaktadır. Gölpazarı ilçesinde bulunan 8 mermer ocağında ise toplam 48 m<sup>3</sup>/gün atık su oluşmaktadır. Bilecik ilinde bulunan mermer ocaklarında toplamda ise 282 m<sup>3</sup>/gün atık su oluşmaktadır.



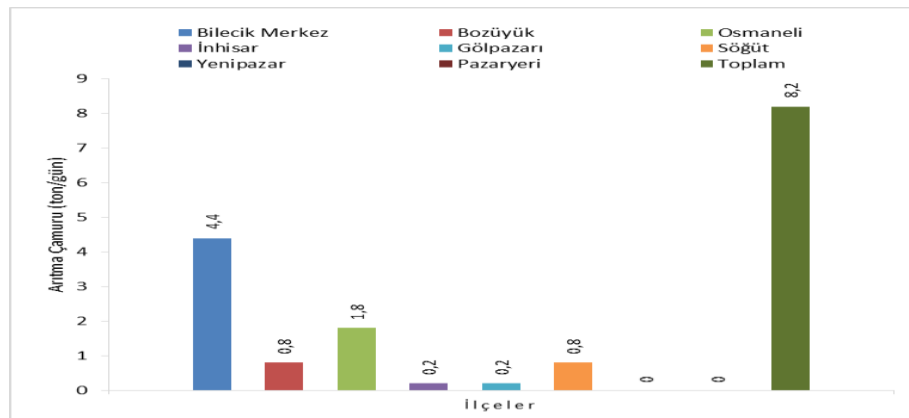
Şekil 4.6. Bilecik ili mermer kesim ve işleme tesislerinde oluşan atık su miktarları

Mermer kesim ve işleme tesislerinde oluşan atık su miktarları Şekil 4.6.'da verilmiştir. En çok atık su oluşan ilçe Bilecik Merkez ilçesidir. 22 adet tesis bulunan ilçede 550 m<sup>3</sup>/gün atık su oluşmaktadır. Mermer kesim ve işleme tesisi bulunmayan Yenipazar ve Pazaryeri ilçelerinde atık su oluşmamaktadır ve birer mermer kesim ve işleme tesisi bulunan İnhisar ve Gölpazarı ilçelerinde 25 m<sup>3</sup>/gün atık su oluşmaktadır. Bilecik ilinde mermer kesim ve işleme tesislerinde toplamda ise 1025 m<sup>3</sup>/gün atık su oluşmaktadır.



Şekil 4.7. Bilecik ili mermer ocaklarında oluşan arıtma çamuru miktarları

Şekil 4.7.'de Mermer ocaklarında oluşan çamur miktarları verilmiştir. Buna göre 1,1 ton/gün ile Bilecik Merkez en fazla çamur oluşan ilçedir. Bu miktara en yakın değer 0,4 ton/gün ile Gölpazarı ilçesinde oluşmaktadır. Bir adet mermer ocağı bulunan ilçeler Bozüyük ve Pazaryeri ilçelerinde 0,05 ton/gün çamur oluşmaktadır. Bilecik ilinde bulunan tüm mermer ocaklarında toplamda 2,35 ton/gün çamur oluşmaktadır.



Şekil 4.8. Bilecik ili mermer kesim ve işleme tesislerinde oluşan arıtma çamuru miktarları

Bilecik ilinde bulunan mermer kesim ve işleme tesislerinde oluşan çamur miktarları Şekil 4.8.'de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde 4,4 ton/gün çamur çıkan Bilecik Merkez ilçesi en yüksek çamur oluşan ilçedir. Yenipazar ve Pazaryeri ilçelerinde tesis bulunmadığından çamur oluşmamaktadır. Birer tesis bulunan İnhisar ve Gölpazarı ilçelerinde 0,2 ton/gün ayrıca dört tesis bulunan iki ilçe Bozüyük ve Söğüt'te 0,8 ton/gün çamur oluşmaktadır. Bilecik ilinde mermer kesim ve işleme proseslerinden toplam 8,2 ton/gün çamur çıkmaktadır.

#### 4.2. Mermer Ocağı ve İşletme Tesislerinde Su Kullanımı

Mermer ocaklarında ve işleme tesislerinde yapılan temel işlemler mermer bloklarının çeşitli boyutlarda kesilmesi prosesine dayanır. Bu kesme işlemi için çok sert malzemelerden yapılmış dayanıklı tel ve bıçaklar kullanılmaktadır. Ancak kesme işlemi sırasında ortaya çıkan çok yüksek miktarlarda ısı, kesme işleminin verimli olarak sürdürülememesi, ürünlerin zarar görmesi ve kullanılan araç ve ekipmanların bozulması ve aşınmasına yol açmaktadır. Bundan dolayıdır ki kesme işlemi sırasında oluşan ısının azaltılması gerekir. Bu amaçla kullanılabilen en ucuz ve bol temin edilebilecek malzeme olarak su kullanılmaktadır (Şekil 4.9. ve Şekil 4.10.).



Şekil 4.9. Mermer ocaklarında kesme telinin soğutulması amacıyla su kullanımı



Şekil 4.10. Mermer işleme tesisinde kesme bıçaklarının soğutulması amacıyla su kullanımı

Mermer ocaklarında yapılan saha çalışmasına göre kapasite, araç/ekipman ve üretim miktarına göre değişiklik göstermekle birlikte, mermer ocaklarında ortalama günlük su tüketimi  $10 \text{ m}^3$ , mermer işleme tesislerinde ise ortalama günlük  $35 \text{ m}^3$  su tüketildiği tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak Bilecik ilindeki doğal taş ve mermer ocakları ile işleme tesislerinin kullandıkları günlük su miktarları belirlenmiştir.

#### **4.3. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Atık Su Oluşumu ve Atık Suların Arıtılması**

Mermer ocakları genellikle oldukça yüksek dağlık, tepelik ve kurak alanlarda bulunmaktadır. Dolayısı ile buldukları yer itibarı ile özellikle yaz aylarında su kaynakları oldukça kısıtlıdır. Çoğu zaman proses suyu tankerlerle ocaklara taşınarak depolanır. Bundan dolayıdır ki suyun arıtılarak tekrar kullanılması son derece önemlidir.

Mermer ocaklarında, mermer kütlelerinin kesimi ve sökülmesi işleminde kullanılan elmas tellerin ısınmasını önlemek amacı ile su kullanılmaktadır. Su deposundan hortumlarla alınan su iki mermer bloğu arasına verilir.

Soğutma suyunun yaklaşık %30' u, kesme telinin ısısından dolayı buharlaşmakta veya mermer blokları arasında sıkışmaktadır.

Kalan ve prosesten kaynaklanan atık su olarak nitelendirdiğimiz su ise mermer tozuyla karışarak ocağın eğiminden kaynaklı kesim alanında toplanmaktadır. Buradan yine cazibe ile dinlenme havuzlarına gönderilmekte ve mermer partiküllerinin zamanla çökmesiyle arıtılan sular, pompa vasıtası ile temiz su tankerlerine basılmaktadır. Tankerlerde biriken su kod farkından dolayı oluşan cazibe ile yine ocak içinde üretimde kullanılmak üzere ocağa gönderilmektedir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. Mermer ocağında plastik branda ile sızdırmazlığı sağlanmış çöktürme havuzu

Benzer şekilde mermer işleme tesislerinde de kesme prosesinde soğutma amacıyla kullanılan sular başta olmak üzere tüm proseslerde kullanılan sular işletme zemininde bulunan toplama kanalları ile toplanarak betonarme çöktürme tanklarına ulaşır. Burada çöktürme tankı, atık su miktarı ve atık su içerisindeki katıların miktarına göre farklı sayıda bölmeden oluşabilir. Çöktürme tankında içerisindeki çökebilir katılardan temizlenen su tekrar kullanılmak üzere prosese geri verilir (Şekil 4.12.).





Şekil 4.12. Mermer işleme tesislerindeki betonarme çöktürme havuzu örneği

#### **4.4. Mermer Ocağı ve İşleme Tesislerinde Kullanılan Çöktürme Havuzlarının Etkililiğinin İncelenmesi**

Çalışma kapsamında ziyaret edilen ocak ve işleme tesislerinin her ikisinde de su kullanımı, kesim işleminde kullanılan ekipmanın aşırı ısınmasını önlemek amacıyla yapılmakta olup, atık su karakterleri ve temel olarak kullanılan arıtma işlemleri önemli ölçüde benzerlik göstermektedir. Her iki faaliyet alanında da kullanılan temel arıtma işlemi, atık su içerisinde bulunan kirleticilerin çöktürme havuzlarında çöktürülerek sudan uzaklaştırılması ile gerçekleştirilmektedir.

Ancak bu iş için kullanılan çöktürme havuzları mermer ocakları ve işleme tesislerinde önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Mermer kesim ve işleme tesisleri sabit bir fabrika alanında ve bu alanda sabit olarak kullanılan ekipmanlarla yapılmakta ve oluşan atık sular fabrika genellikle fabrika zemininde bulunan toplama kanalları ile toplanarak cazibe ile betonarme olarak inşa edilmiş dengeleme veya doğrudan çöktürme havuzuna iletilmektedir.

Mermer ocaklarında ise bu durum oldukça farklıdır. Ocaklarda kesim alanı ve kullanılan ekipmanların yerleri, kesim planına göre sürekli olarak değişiklik göstermektedir. Dolayısı ile bu durum atık su oluşum alanlarının da sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır.

Bu nedenle doğal taş ve mermer ocaklarında sabit bir betonarme çöktürme havuzu yapmak ve oluşan atık suyu buraya taşımak oldukça güçtür [26, 27]. Uygulamada bu duruma bulunan en sürdürülebilir çözüm, kesim alanının eğim özellikleri göz önünde bulundurularak bir veya birden fazla alana sızdırmazlığı plastik örtü ve membranlarla sağlanmış ve gerektiğinde taşınması mümkün olan çöktürme havuzları kurularak bulunmuştur. Saha çalışmaların da incelemeler yapılan ocakların tamamında bu sistem uygulanmaktadır.

Mermer ocakları ve işleme tesislerinde kullanılan çöktürme havuzlarının etkinliğini incelemek amacı ile bu tesislerin çöktürme havuzları giriş ve çıkış sularından numuneler alınmış ve bu numunelerde SKKY Tablo 7.5.'te bulunan parametreler incelenmiş ve sonuçlar Tablo 4.1. ve Tablo 4.2.'de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Mermer Ocağı Atık Su Analiz Sonuçları ve SKKY Tablo 7.5. Değerleri ile Karşılaştırılması

Analizi Yapılan Parametreler	Giriş Suyu Analiz Değerleri	Çıkış Suyu Analiz Değerleri	SKKY 7.5 Kompozit Numune 2 saatlik Değerleri
Askıda Katı Madde (mg/l)	96.5	78.4	100
Krom (Cr <sup>+6</sup> ) (mg/l)	<0,05	<0,05	0,3
pH	8.9	7.9	6-9
Renk (Pt - Co)	98.4	72.6	280
Yağ ve Gres (mg/l)	<10	<10	10

Yapılan analizlerde incelenen atık suyun giriş askıda katı madde değeri 96,5 mg/l, çıkış askıda katı madde değeri ise 78,4 mg/l olarak belirlenmiştir. Bu değerlerin her ikisi de SKKY Tablo 7.5.'te istenen sınır değerlerin altında bulunmuştur. Bununla birlikte, doğal taş ve mermer ocaklarında, atık sulardaki askıda katı madde değeri kesilen taşın özelliği ile de yakından ilgilidir. Bazı doğal taşlar kesilme işlemi sırasında daha fazla partikül ürettiklerinden atık suda yüksek askıda katı madde değerlerine neden olurlar. Literatürde askıda katı madde değerinin 2100 mg/l seviyesine çıkabildiğinin rapor edildiği çalışmalar mevcuttur [28].

Her ne kadar giriş atık su numunesinin askıda katı madde değeri yönetmelikte istenen sınır değerinin altında olsada, çıkış suyunda önemli bir düşüş görülmüştür.

Çöktürme havuzunun ana işlevlerinden birinin sudaki askıda katı madde miktarının azaltılması olduğu göz önüne alındığında, çöktürme prosesinin askıda katı madde değerini azalttığı söylenebilir.

Toplam askıda katı madde miktarındaki düşüş renk parametresini de önemli ölçüde etkilemiştir. Renk sonuçları incelendiğinde atık suyun renk değerinin 98,4 (Pt - Co) olduğu ve çöktürme işleminden sonra azalarak 72,6 (Pt - Co) olduğu belirlenmiştir.

Bununla birlikte çöktürme havuzu girişinden alınan atık su numunesinin pH değeri 8,9 iken çıkış suyunun pH değeri, 7,9 olarak bulunmuştur. Yağ ve gres ölçümlerinde ise atık sudaki giriş ve çıkış suyu değerleri yönetmelikte belirtilen değerlerin altında olduğu gözlenmiştir (<10 mg/L). Cr<sup>+6</sup> analizi sonuçları ise, giriş ve çıkış suyunun oldukça düşük Cr<sup>+6</sup> içerdiğini göstermiştir (<0,05 mg/l). Yapılan analizler sonucu çöktürme havuzunda arıtılan atık suların çıkış değerlerinin giriş değerlerine oranla daha düşük olduğu ve çıkış suyu değerlerinin yönetmelik sınır değerlerinin altında çıktığı gözlenmiştir.

Tablo 4.2. Mermer İşleme Tesisi Atık Su Analiz Sonuçları ve SKKY Tablo 7.5. Değerleri ile Karşılaştırılması

Analizi Yapılan Parametreler	Giriş Suyu Analiz Değerleri	Çıkış Suyu Analiz Değerleri	SKKY 7.5 Kompozit Numune 2 saatlik Değerleri
Askıda Katı Madde (mg/l)	104.5	92.2	100
Krom (Cr <sup>+6</sup> ) (mg/l)	<0,05	<0,05	0,3
pH	9.2	8.9	6-9
Renk (Pt - Co)	108.4	85.9	280
Yağ ve Gres (mg/l)	<10	<10	10

Çalışma kapsamında mermer işleme tesislerinin çöktürme havuzlarından alınan atık su numunelerinin analiz sonuçları incelendiğinde, askıda katı maddenin giriş: 104.5 mg/l, çıkış: 92.2 mg/l, Cr<sup>+6</sup> değerinin giriş ve çıkış numunelerinin her ikisinde de <0,05 mg/l, pH değerinin giriş: 9.2, çıkış: 8.9, renk değerinin giriş: 108.4 (Pt-Co), çıkış: 85,9 (Pt-Co) ve yağ ve gres değerinin giriş ve çıkış numunesinde benzer olarak <10 mg/l olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2.). Belirlenen bu sonuçlar, literatürdeki benzer çalışmalarındaki sonuçlar ile uyumludur [28, 29, 30].



Ayrıca çıkış suyu numunelerinde ölçülen tüm parametrelerin SKKY Tablo 7.5.'te istenen sınır değerlerinin altında olması, mermer işleme tesislerinde kullanılan çöktürme havuzlarının, benzer bir çok prosesin atık sularının arıtılmasında olduğu gibi, yeterli arıtma işlemini gerçekleştirdiğini göstermiştir [30, 31].

Bununla birlikte doğal taş ve mermer ocakları ile mermer işleme tesislerinin her ikisinde de çöktürme havuzları ile atık su arıtımı sonucunda önemli miktarda arıtma çamuru oluşmaktadır. Büyük oranda mermer tozu ve küçük mermer parçalarından oluşan bu çamurlar zamanla çöktürme havuzunun dibinde birikmekte ve çöktürme havuzunun boyutlarına, arıtılan suyun miktar ve özelliklerine bağlı olarak değişen zaman periyotlarında çöktürme havuzundan alınmaktadır. Çöktürme havuzundan alınan çamurlar özellikle mermer işleme tesislerinde, çamur susuzlaştırma amacı ile filtre pres ünitelerine gönderilmekte ve su içeriği azaltılmaktadır.

Çalışma kapsamında çöktürme havuzlarından alınan arıtma çamuru numunelerinin analiz sonuçları Tablo 4.3.'te sunulmuştur.

Tablo 4.3. Çöktürme havuzlarında oluşan arıtma çamurlarının incelenmesi ve bertaraf alternatifleri

Analizler	Analiz Sonucu	I. Sınıf			II. Sınıf			III. Sınıf		
		Depolama	Tesisleri için	Sınır Değerler	Depolama	Tesisleri için	Sınır Değerler	Depolama	Tesisleri için	Sınır Değerler
KM (%)	76.9	-	-	-	-	-	-	-	-	
pH	7.92	-	-	-	-	-	-	-	-	
TÇKM (mg/l)	56	10000	6000	400						
TOK (mg/kg)	<1.84	60000	50000	30000						
ÇOK (mg/l)	4	100	80	50						
LOI (%)	0.29	10	-	-						
Mineral Yağ (mg/kg)	163.1	-	-	500						
Çinko (mg/l)	<0.2	20	5	0.4						
Krom (mg/l)	<0.025	7	1	0.05						
Kurşun (mg/l)	0.025	5	1	0.05						
Nikel (mg/l)	<0.02	4	1	0.04						
Bakır (mg/l)	<0.1	10	5	0.2						
Baryum (mg/l)	<1	30	10	2						
Civa (mg/l)	<0.0003	0.2	0.02	0.001						
Arsenik (mg/l)	<0.025	0<-<2.5	0<-<0.2	0<-<0.05						
Antimon (mg/l)	<0.003	0.5	0.07	0.006						
Kadmiyum (mg/l)	<0.002	0.5	0.4	0.01						
Molibden (mg/l)	<0.025	3	1	0.05						
Selenyum (mg/l)	<0.005	0.7	0.05	0.01						
Sülfat (mg/l)	3.8	5000	2000	100						

Tablo 4.3. (Devamı)

Florür (mg/l)	2.2	2500	1500	80
Klorür (mg/l)	3.2	5000	2000	100
Fenol İndeksi (mg/l)	<0.05	-	-	0.1
BTEX (Benzen,Toluen, Etilbenzen, Ksilen (mg/kg)	0.042	-	-	6
Poliklorlubifeniller (mg/kg)	0.062	-	-	1

Yapılan analiz sonuçlarına göre; çöktürme havuzlarında oluşan çamurların, katı atık düzenli depolama tesisleri için istenen sınır değerler göz önünde bulundurulduğunda, inert maden atıklarının depolanabilmesi için gerekli altyapıya sahip olan, III. sınıf atık depolama tesislerinde depolanabileceği söylenebilir.

Bununla birlikte arıtma çamuru numunelerinde incelenen parametrelere bakıldığında (Tablo 4.3.), mermer prosesi atık su arıtma çamurlarının, organik karbon oranının çok düşük olduğu (<1,84 mg/kg (%)) ve ateş kaybının % 0,29 olduğu görülebilir.

Bu sonuçlar, analizi yapılan arıtma çamurunun, çok büyük oranda inorganik maddelerden oluştuğu ve arıtma çamurunun depolanması durumunda kendiliğinden yanma riskinin bulunmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Bunun yanında alınan çamur numunelerinin hangi sınıftaki katı atık depolama tesislerinde depolanabileceğinin anlaşılması için yapılan tüm analiz sonuçları III. sınıf atık depolama tesisleri için istenen sınır değerlerin altında bulunmuş olmasına rağmen, bu çamurların depolanmasının geçici bir bertaraf yöntemi olduğu ve alternatif geri dönüşüm ve kazanım yöntemlerinin geliştirilmesinin kaçınılmaz olduğu söylenebilir.

#### 4.5. Diğer Sıvı ve Katı Atıkların İncelenmesi

Saha çalışmalarında yapılan incelemeler sonucunda doğal taş ve mermer ocakları ve işleme tesislerinin ağırlıklı ve çevresel riski yüksek atıklarının atık su ve arıtma çamurları olduğu bunun yanında tüm diğer sektörlerde görülen bazı sıvı ve katı atıklarında oluşabildiği belirlenmiş ve bu atıklarla ilgili gerekli bilgiler işletme sorumluları ve çevre danışmanlarından temin edilmeye çalışılmıştır.

#### **4.5.1. Atık yağlar**

Saha çalışmasında incelenen mermer ocağı ve işleme tesislerinde atık yağ olarak hidrolik yağ oluşumu mevcuttur. Oluşan atık hidrolik yağlar işletmelerde yönetmeliklere uygun bir şekilde yapılmış olan, atık yağ depolama alanında yönetmeliğe uygun olarak geçici olarak depolanmakta olup, yine yönetmeliğin belirlediği süre içerisinde bakanlığın yetkilendirdiği lisanslı firmalara bakanlığın sistemine kayıt yapılarak verilmektedir. Lisanslı firmalarla sözleşmeler yapılmıştır. Atık yağ beyanları yönetmelikte belirtilen süreler içerisinde her yıl düzenli olarak yapılmaktadır. Bakanlık tarafından yetkilendirilmiş firmaya atık yağ kategori analizi yaptırılmaktadır. Alınan sonuçların yönetmelikçe belirtilen parametrelerin sınır değerlerine göre değerlendirildiğinde, sektördeki firmalarda oluşan atık yağların II. kategori atık yağ olduğu gözlenmiştir.

#### **4.5.2. Kontamine ambalajlar ve kontamine atıklar**

Mermer ocağı ve işleme tesislerinde kontamine ambalaj atıkları ve kontamine atıklar oluşmaktadır. Oluşan atıklar tesislerdeki atık sahalarında ilgili yönetmeliğe uygun olarak geçici olarak depolanıp, yönetmeliğin belirttiği süre içerisinde bakanlığın sistemine kayıt yapılarak lisanslı atık firmalarına verilmektedir.

#### **4.5.3. Atık pil ve akümülatörler**

Ziyaret edilen işletmelerin araçlarında ve ekipmanlarında kullanılan akü ve pillerin değişimlerinin servisler tarafından yapıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Tesislerin bünyesinde atık akü ve pil depolaması yapılmamaktadır.

#### **4.5.4. Ömrünü tamamlamış lastik atıkları**

İşletmelerin bünyesinde faaliyet sırasında kullanılan iş makinelerinin lastik değişimlerinin servisler tarafından yapılmakta olduğu ve işletme bünyesinde ömrünü tamamlamış lastik depolaması yapılmadığı bilgisine ulaşılmıştır.

#### 4.5.5. Pasa atıkları

Mermer ocaklarında yapılan üretim açık işletme metodu ile gerçekleştirilmektedir. Açık maden ocağı işletmelerinde elde edilmek istenen materyale ulaşabilmek için yüzey ve yer katmanları arasında kalan bölüm ile ekonomik olarak işlenmesi mümkün olmayan bölümlerin alınması ve uzaklaştırılması gerekir. Pasa adı verilen bu bölümler doğal taş ve mermer ocaklarında çok önemli miktarlara ulaşmaktadır. Özellikle süreklilik göstermeyen mermer oluşumlarında önemli ölçüde pasa atığı oluşmaktadır. Yapılan saha çalışmalarında bazı mermer ocaklarındaki pasa miktarının toplam kesim ve söküm işleminden çıkarılan ticari değere sahip mermer kütlelerinin yüzde %90' ına ulaştığı bilgisine ulaşılmış olup, bu değer mermer ocağının özelliklerine göre önemli ölçüde değişebileceği belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Pasa atığı ile yapılan rehabilite çalışması alanı

Bununla birlikte pasa atıkları genellikle maden sahasının bu iş için ayrılmış uygun alanlarında biriktirilmekte ve maden sahasının ekonomik ömrü tamamlandığında, sahanın eski haline getirilmesi işlemlerinde kullanılmak üzere bekletilmektedir. Şekil 4.13. ve Şekil 4.14.'te pasa atığı kullanılarak ömrünü tamamlamış bir maden sahasının rehabilite edilmesi gösterilmektedir. Bu işlem temel olarak mermer bloklarının sökülmesi işlemi sonucunda sahada oluşan derin boşlukların pasa ile doldurularak sıkıştırılması ve üzerine örtü toprağı serilerek ağaçlandırılmasından oluşmaktadır.



Şekil 4.14. Rehabilitasyon yapılmış alanda ağaçlandırma çalışması

## **BÖLÜM 5. SONUÇ**

Doğal taş ve mermer ocakları ve mermer işleme tesislerinin çevresel etkilerinin belirlenmesi ve mevcut durumda doğal çevre ve insan sağlığı açısından risk oluşturan unsurlar için sürdürülebilir ve ekolojik çözüm yolları geliştirilmesi için gerekli altyapının hazırlanması amacı ile gerçekleştirilen bu çalışmada, ülkemizin en önemli mermer ocağı ve mermer işleme merkezlerinden birisi olan Bilecik ili çalışma alanı olarak seçilmiştir.

Bilecik ili mermer rezervi açısından son derece zengin olması ve dünya pazarında aranan ve ticari değeri yüksek mermer çeşitlerine sahip olmasının yanında, çıkarılan mermer bloklarının istenilen kullanım amacına uygun olarak işlendiği çok sayıda mermer işleme tesisine sahiptir. Doğal taş ve mermer ocakları ile işleme tesisleri hemen hemen Bilecik ilinin tüm ilçelerine yayılmış olmakla birlikte (47 adet mermer ocağı ve 41 adet işleme tesisi), Bilecik Merkez ilçesi en çok sayıda mermer ocağına sahip olan ilçedir.

Çalışma kapsamında yapılan saha çalışmaları, açık maden ocağı olarak işletilen doğal taş ve mermer ocakları ve mermer işleme tesislerinin her ikisinde de temel prosesin mermer kesim işlemi olduğunu ve oluşan en önemli atıkların atık su, arıtma çamuru ve pasa olduğunu göstermiştir.

Su her iki faaliyet alanında da mermer bloklarının kesim işleminde kullanılan ekipmanların aşırı ısınmasını önlemek amacıyla kullanılmakta olup, mermer işleme tesislerinin su tüketimi (35 m<sup>3</sup>/gün), ocakların su tüketiminden (10 m<sup>3</sup>/gün) fazladır. Kesim işlemi sırasında kullanılan soğutma suları, mermer tozları ile karışarak atık suları oluşturmakta ve oluşan atık sular çöktürme havuzlarında arıtılmaktadır.

Arıtılan sular proseste tekrar soğutma suyu olarak kullanılmakta ve özellikle mermer ocaklarının su temini açısından düşük imkânlarla sahip alanlarda oldukları düşünüldüğünde bu kullanım şeklinin önemi daha da artmaktadır.

Çalışma kapsamında mermer ocakları ve işleme tesislerindeki çöktürme havuzlarının yeterliliği incelenmiştir. Bu amaçla çöktürme havuzlarının giriş ve çıkışından numuneler alınmış ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 7.5.'te bulunan parametreler olan askıda katı madde, renk, yağ ve gres, krom (+6) ve pH parametreleri incelenerek, limit değerlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar mermer ocakları ve işleme tesisi çöktürme havuzlarının her ikisinde de çıkış suyu değerlerinin, yönetmelikteki limit değerlerin altında olduğunu göstermiştir. Bu durum kullanılan çöktürme havuzlarının gerekli arıtma işlevini yerine getirdiği şeklinde yorumlanmıştır.

Bununla birlikte çöktürme havuzlarının dibinde, miktarı arıtılan su miktar ve özelliklerine bağlı olmakla birlikte, arıtma çamuru oluşmakta ve bu havuzlar belli zaman aralıkları ile temizlenerek çamuru alınmaktadır. Alınan çamur numunelerinde yapılan analizler sonucunda oluşan arıtma çamurun katı atık düzenli depolama sahası sınıflarına göre III. sınıf düzenli depolama sahalarında depolanmaya uygun olduğunu göstermiştir. Ancak oluşan arıtma çamuru miktarı göz önünde bulundurulduğunda, bu çamurlar için farklı kullanım alanları geliştirilmesinin ve depolama alanlarına giden çamur miktarının azaltılmasının önemli olduğu söylenebilir.

Doğal taş ve mermer ocaklarının bir diğer önemli atığı pasa atıkları olup, bu atıklar çok önemli miktarlara ulaşmakta ve maden ocağı sahasındaki uygun pasa döküm alanlarında depolanmaktadır. Bununla birlikte yapılan literatür çalışmaları ve mevcut uygulamaların incelenmesi, pasa atıklarının inşaat başta olmak üzere bazı sektörlerde hammadde olarak kullanılabilmesi ve özellikle maden sahasının işletim ömrü bittikten sonra, sahanın rehabilitasyonunun yapılmasında gerekli olduğunu göstermektedir.

Çalışma kapsamında elde edilen tüm bilgiler bir bütün olarak ele alınarak incelendiğinde, doğal taş ve mermer ocakları ile mermer işleme tesislerinin çevresel duyarlılık ön plana alınarak işletilmesi için, oluşan atık suların uygun yöntemlerle

arıtılması ve proseste tekrar kullanılması, oluşan atık suların yeraltı ve yüzey sularına karışarak kirlilik oluşturmalarının önlenmesi, başta arıtma çamurları ve pasa olmak üzere katı atıkların uygun koşullarda depolanması, bu katı atıklar için yeni ve faydalı kullanım alanları geliştirilmesi için çalışmalar yapılması ve ömrünü tamamlamış maden ocaklarının uygun tekniklerle kapatılmasının sektörün sürdürülebilirliği, doğal çevre ve insan sağlığının korunması açısından önemli olduğu sonucuna varılmıştır.



## KAYNAKLAR

- [1] Turgut, P., Algin, M. Limestone dust and wood sawdust as brick material. *Building and Environment*, 42(9), 3399–3403, 2007.
- [2] Burley, J. *Environmental Design for Reclaiming Surface Mines*. The Edwin Mellen Press, 2001.
- [3] Acosta, J., Faz, A., Martínez-Martínez, S. Zornoza, R., Carmona, D. M., Kabas, S. Multivariate statistical and GIS-based approach to evaluate heavy metals behavior in mine sites for future reclamation. *Fuel and Energy Abstracts*, 109, 8-17, 2011.
- [4] Kabas, S., Faz, A., Acosta, A. J., Zornoza, R., Martínez-Martínez, S., Carmona, D. M., Bech, J. Effect of marble waste and pig slurry on the growth of native vegetation and heavy metal mobility in a mine tailing pond. *Journal of Geochemical Exploration*, 123, 69–76, 2012.
- [5] Barros, R. J., Jesus, C., Martins, M., Costa, M. C. Marble stone processing powder residue as chemical adjuvant for the biologic treatment of acid mine drainage. *Process Biochemistry*, 44(4), 477-480, 2009.
- [6] Eraslan, H., İpçioğlu, İ., Haşit, G., Erşahan, B. Bilecik bölgesi mermer sektörünün uluslararası rekabetçilik analizi: sektörel sorunlar ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5 (10), 193-217, 2008.
- [7] Ayhan, M., Topal, E., ve Akkoyun, Ö. Diyarbakır Mermer Sektörünün Türkiye Mermer Endüstrisindeki Yeri, Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Mermer Dergisi*, 2004.
- [8] Demir, B. G., Güngör, N. Mermer Madenciliği ve Çevre. *İstanbul Aydın Üniversitesi Dergisi*, 20, 7-14, 2013.
- [9] Karahan, D. S. *Dünyada Ve Türkiye’de Doğal Taşlar*. Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü, Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı. 2018.
- [10] Ürgüp, M.N., Başığit, C., Terzi, S. Türkiye’deki Mermer Sektörü, Sorunları ve Çözüm Önerileri, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3, 111- 118, 1998.

- [11] Kacı, S. Bilecik Mermer Sektörü Raporu, Bursa Eskişehir Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA). 2017.
- [12] Bhadra, B., Gupta, A. K., Sharma, J. R., Choudhary, B. R. Mining activity and its impact on the environment: Study from Makrana marble and Jodhpur sandstone mining areas of Rajasthan. *Journal of the Geological Society of India*, 70(4), 557-570, 2007.
- [13] Acosta, A., Carmona, D.M., Faz, A., Kabas, S., Martinez- Martinez, S., Zornoza, R. Plant Cover and Soil Biochemical Properties in a Mine Tailing Pond Five Years After Application of Marble Wastes and Organic Amendments. *Pedosphere*, 22(1), 22-32, 2012.
- [14] Rajgor, M. B., Patel, N. C., Pitroda, Dr. J. A Study On Marble Waste Management: Opportunities And Challenges In Current Age For Making Value Added Bricks, 2013.
- [15] Tozsın, G., Öztaş, T., Arol. A. İ., Kalkan, E., Duyar, O. The effects of marble wastes on soil properties and hazelnut yield. *Journal of Cleaner Production*, 81, 146–149, 2014.
- [16] Oreshkin, D. V., Proshljakov, A. N. Ecological Assessment of Formation of Solid Man-Made Wastes of Mining Production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 272, 022137, 2019.
- [17] APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edition. Washington, DC, New York: American Public Health Association, 2017.
- [18] U.S. EPA. "Method 200.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry," Revision 4.4. Cincinnati, OH. 1994.
- [19] U.S. EPA. "Method 8260D (SW-846): Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)," Revision 3. Washington, DC. 2006.
- [20] TS 9546 EN 12880 This standard specifies a method for the determination of dry residue and water content of sludge products.
- [21] SM 4500 H+ B, Standard Methods Online -- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. <http://standardmethods.org/>.
- [22] SM 2540 C, Standard Methods Online -- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. <http://standardmethods.org/>.
- [23] TSE - TS 12089 EN 13137 Characterization of waste-Determination of total organic carbon (TOC) in wate, sludges and sediments.

- [24] SM 5310 B, Standard Methods Online -- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. <http://standardmethods.org/>.
- [25] TS EN 12879, Characterization of sludges- Determination of the loss on ignition of dry mass.
- [26] Singh, R., Vishwakarma, A., Sakalle, P. Soil properties improvement by utilization of waste material (marble slurry). Proc. Int. Conf. Energy Environ. Chandigarh, India, 291–293, 2009.
- [27] Fernández-Caliani, J. C., Barba-Brioso, C. Metal immobilization in hazardous contaminated minesoils after marble slurry waste application. A field assessment at the Tharsis mining district (Spain). *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3), 817-826, 2010.
- [28] Fahiminia, M., Ardani, R., Hashemi, S., Alizadeh, M. Wastewater Treatment of Stone Cutting Industries by Coagulation Process. *Arch Hyg. Sci*, 2(1), 16–22, 2013.
- [29] Dede, Ö. H., Dede, C., Sakar, S., Sazak, M., Özer, H. Investigation of treatment process and treatment sufficiency of marble mine wastewater: a case study in Turkey. *Environment, Development and Sustainability*. 10.1007/s10668-019-00494-2, 2019.
- [30] Dede Ö. H., Dede C., Şakar S., Sazak M. Investigation of treatment process and treatment sufficiency of marble mine waste waters. 4 Th International Symposium On Environment And Morals, 147-152, 2018.
- [31] Dede Ö. H., Özer H. Investigation of the sufficiency of the clarification tanks used in the concrete plant waste water treatment. *International Congress On Engineering And Life Science*, 724-727, 2018.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Tuğba Çilenkoğlu, 1994 tarihinde Sakarya'da doğdu. İlk, orta, lise eğitimlerini Sakarya'da tamamladı. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2016 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde yüksek lisans eğitime başladı ve yine aynı yıl özel bir firmada çevre mühendisi olarak çalışmaya başladı. Halen aynı firmada çevre mühendisi olarak görev yapmaktadır.