ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Cihan Habibe KURT

DOLOMİT CEVHERİNİN KALSİNASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOLOMİT CEVHERİNİN KALSİNASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Cihan Habibe KURT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 28/01/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

……	……	……
Prof. Dr. Mesut ANIL	Doç. Dr. Suphi URAL	Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
ÜYE	ÜYE	ÜYE
……..	……	
Doç. Dr. Özen KILIÇ	Yrd. Doç. Dr. Nergis MİRDALI	
DANIŞMAN	ÜYE	

Bu Tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Tez Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2009YL55

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DOLOMİT CEVHERİNİN KALSİNASYON KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Cihan Habibe KURT

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Özen KILIÇ
Yıl: 2010, Sayfa: 59
Jüri: Prof. Dr. Mesut ANIL
Doç. Dr. Suphi URAL
Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Doç. Dr. Özen KILIÇ
Yrd. Doç. Dr. Nergis MİRDALI

Bu tez çalışmasında, dolomitlerin kalsinasyon karakteristiklerini belirlemek amacı ile örnekler (Antalya (Alanya) ve Mersin (Kızılbağ, Çanakçı)) alınmış ve deneyler yapılmıştır. İlk aşamada, dolomit örneklerinin kimyasal, petrografik, mineralojik ve fizikomekanik özellikleri belirlenmiştir. İkinci aşamada kalsinasyon deneyleri yapılmıştır. Kalsinasyon deneyleri dolomitlerin farklı boyut, farklı süre ve farklı sıcaklık şartlarındaki davranışlarını belirlemek amacı ile gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda, incelenen dolomit örneklerinin yapı malzemesi, kireç, cam ve refrakter üretimi için kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dolomit, Kalsinasyon, Kireç, XRD, TG-DTA

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF CALCINATION CHARACTERISTICS OF DOLOMITE

Cihan Habibe KURT

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ
Year: 2010, Page: 59
Jury: Prof. Dr. Mesut ANIL
Assoc. Prof. Dr. Suphi URAL
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ
Asst. Prof. Dr. Nergis MİRDALI

In this thesis study, the samples were taken from Antalya (Alanya) and Mersin (Kızılbağ, Çanakçı) region to determine calcination characteristics of dolomites and examined the tests. Firstly, the chemical, petrographical, mineralogical and physico-mechanical properties of the dolomite samples were determined. Secondly, calcinations tests were examined. These tests were carried out to determine different size, time and temperature conditions of dolomites. At the end of the tests, it was understood that examined dolomite samples could be used for building material, lime, glass and refractory material production.

Key Words: Dolomite, Calcination, Lime, XRD, TG-DTA

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum Yüksek Lisans çalışmamda bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, karşılaştığım sorunlara çözüm üreterek, çalışmalarımın olabildiğince sağlıklı sürmesini sağlayan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Özen KILIÇ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında tüm laboratuar imkanlarından faydalanmama olanak sağlayan Ç.Ü. Müh.-Mim. Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcısı Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKYILDIZ'a, ince kesitlerimin petrografik tanımlamasını yapan Sayın Prof. Dr. Cengiz YETİŞ'e ve kimyasal analizlerde yardımlarından dolayı Sayın Ertuğrul ÇANAKÇI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalarımda, yardımlarını esirgemeyen, çalışmanın çeşitli aşamalarında bana destek olan deneyim ve bilgilerinden faydalandığım Sayın Arş. Gör. Mehmet TÜRKMENOĞLU'na, Sayın Arş. Gör. Ahmet TEYMEN'e ve Maden Mühendisi Sayın Seyhan AKTEPE'ye, tezin her aşamasında yardımcı olan arkadaşlarım, Çevre mühendisi Sayın Murat TANSU'ya, Sayın Alper MAKAM'a ve Maden Mühendisi Sayın Güven KIVRIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman bana en büyük maddi ve manevi desteği vererek hiçbir yardımı esirgemeyen babam Yalçın KURT ve annem Fazilet KURT'a, ağabeylerime ve emeği geçen tüm sevdiklerime saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA NO**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VI
ŞEKİLLER DİZİNİ VII
1. GİRİŞ 1
2. DOLOMİT 4
2.1. Dolomitin Oluşumu 5
2.2. Dolomitin Sınıflandırılması 7
2.2.1. Kalsit ve Dolomit İçeriklerine Göre Sınıflandırma 7
2.2.2. MgO ve CaO Oranlarına Göre Sınıflandırma 7
2.3. Dolomit'in Kullanım Alanları 9
2.3.1. Dead Burned Dolomit Üretim ve Özellikleri 11
2.3.2. Dolomitten Elde Edilen Ürünlerin Kullanım Alanları 14
2.4. Dünyada Dolomit Madenciliği 15
2.5. Türkiye'de Dolomit Madenciliği 17
2.6. Dolomit Üretim Yöntemi, Teknolojisi ve Ürün Standartları 18
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 21
3.1. Kireçtaşı ve Dolomitin Termal Bozunma Süreci 21
3.2. Tüketilen Enerji 22
3.3. Isıtma Sırasında Tanecik Yapısında Oluşan Değişimler 22
3.4. Tane Boyutunun Etkisi 23
3.5. Sıcaklık ve Sürenin Etkisi 24
3.6. Ağırlık Kaybı ve Gözeneklilik 26
3.7. Safsızlıkların Etkisi 26
3.8. Yapılan Diğer Çalışmalar 27
4. MATERYAL VE METOD 29
4.1. Materyal 29

4.1.1. Mersin Bölgesi Jeolojisi 29
4.1.2. Antalya Bölgesi Jeolojisi 31
4.2. Metod 32
4.2.1. Kimyasal Analiz 32
4.2.2. Petrografik Analiz 33
4.2.3. Fiziksel Özellikler 33
4.2.3.1. Birim Hacim Ağırlık 33
4.2.3.2. Özgül Ağırlık 34
4.2.3.3. Görünür Porozite 35
4.2.3.4. Su Emme Oranı 36
4.2.4. Mekanik Özellikler 37
4.2.4.1. Nokta Yük Dayanımı 37
4.2.4.2. Los Angeles Aşınma Dayanımı 38
4.2.5. Kalitatif Mineralojik Analiz 39
4.2.6. Termal Yöntemler 39
4.2.6.1. Termogravimetrik Yöntemler (TG) 39
4.2.6.2. Diferansiyel Termal Analiz (DTA) 40
4.2.7. Özgül Yüzey Alanı Ölçümü 40
4.2.8. Kalsinasyon Çalışmaları 40
5. ARAŞTIRMA BULGULARI 41
5.1. Kimyasal Analiz 41
5.2. Petrografik İnceleme 41
5.3. Kalitatif Mineralojik Analiz 43
5.4. Yüzey Alanı Ölçümü 45
5.5. Örneklerin Fiziko-mekanik Özellikleri 45
5.6. Los Angeles Aşınma Dayanımı 47
5.7. TG-DTA Analizleri 47
5.8. Kalsinasyon Çalışmaları 49
6. SONUÇLAR 52
KAYNAKLAR 54
ÖZGEÇMİŞ 59

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA NO**

Çizelge 2.1. Dolomitin İçeriklerine Göre Sınıflandırılması 7
Çizelge 2.2. Kimyasal İçeriğe Göre Sınıflandırma 8
Çizelge 2.3. Çeşitli Sanayi Dallarında Kullanılan Dolomitin Bileşimi 10
Çizelge 2.4. Dolomitin Kullanım Alanları 10
Çizelge 2.5. Refrakter Kaliteli Dead Burned Dolomit Özellikleri 12
Çizelge 2.6. Dolomitten Elde Edilen Magnezyum Bileşiklerinin Kullanım Alanları 14
Çizelge 2.7. Dünyada Belli Başlı Sinter Dolomit (Sönmüş ve Sönmemiş Kireç ile Birlikte) Üretici Ülkeler ve Üretim Miktarları 16
Çizelge 2.8. Türkiye Dolomit Yatakları ve Rezervleri 17
Çizelge 2.9. Yıllık Üretimi 100.000 ton'un Üzerinde Olan İşletmeler 19
Çizelge 5.1. Dolomit Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları 41
Çizelge 5.2. Dolomit Örneklerinin Yüzey Alanı Ölçümleri 45
Çizelge 5.3. Dolomit Örneklerinin Fiziko-mekanik Özellikleri 45
Çizelge 5.4. Kayaların Poroziteye Göre Sınıflandırılması 46
Çizelge 5.5. Kayaçların Nokta Yük Dayanımına Göre Sınıflandırılması 46
Çizelge 5.6. Los Angeles Aşınma Dayanımı Deney Sonuçları 47
Çizelge 5.7. Kalsinasyon Analizi 50
Çizelge 5.8. Kalsinasyon Analizi (1,5 cm boyutu) 51
Çizelge 5.9. Kalsinasyon Analizi (3 cm boyutu) 51

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA NO**

Şekil 2.1. Dolomit Minerali 5
Şekil 2.2. Karbonatlı Kayaçların CaO ve MgO Oranlarına Göre Sınıflandırılması.. 8
Şekil 2.3. Türkiye'de Dolomit Üretimi Yapan İşletmeler 18
Şekil 4.1. Çanakçı Yöresi Dolomitlerinin Saha Görüntüsü 29
Şekil 4.2. Dolomit Numunelerinin Makroskobik Görünümü 30
Şekil 5.1. Orta-iri Kristalli Kızılbağ Yöresi Dolomitleri 42
Şekil 5.2. Belirgin Zonlanmalı Çanakçı Yöresi Dolomitleri 42
Şekil 5.3. Şekersi Dokulu Alanya Yöresi Dolomitleri 43
Şekil 5.4. Kızılbağ Yöresi Dolomitlerine ait X-ray Difraktometre Analiz Sonucu .. 43
Şekil 5.5. Çanakçı Yöresi Dolomitlerine ait X-ray Difraktometre Analiz Sonucu... 44
Şekil 5.6. Alanya Yöresi Dolomitlerine ait X-ray Difraktometre Analiz Sonucu 44
Şekil 5.7. Kızılbağ Örneğinin 5 °C/dk Isıtma Hızında TG-DTA Dönüşüm Eğrisi... 48
Şekil 5.8. Çanakçı Örneğinin 5 °C/dk Isıtma Hızında TG-DTA Dönüşüm Eğrisi ... 48
Şekil 5.9. Alanya Örneğinin 5 °C/dk Isıtma Hızında TG-DTA Dönüşüm Eğrisi..... 49
Şekil 5.10. Isı Kontrollü Laboratuar Fırınında Kalsinasyon Çalışmaları 50

1. GİRİŞ

Birleşiminde %50'den fazla $CaCO_3$ bulunduran, kimyasal, biyokimyasal veya detritik çökelimli sedimanter kayaçlara, kireçtaşı, magnezyum oranları yüksek olan kireçtaşlarına da dolomit denilmektedir. Ticari olarak iyi kalite bir dolomitin %20 oranında MgO ihtiva etmesi gerekir (TS, 1991b).

Kireçtaşı ve dolomitin kristal boyu, dokusu, rengi, tabakalanma ve laminalanma özelliği, oolitik, pizolitik, stiolitik dokulu olması, organik madde ve fosil bulundurması, tekdüze dağılımı ve erime boşluklu olması tamamen kullanma alanlarına göre istenen veya istenmeyen vasıflardır. Kireçtaşı ve dolomitlerde tabaka kalınlığı, tane boyu ve renk çok geniş aralıklarda değişir. Kireçtaşlarında saflığı bozan maddelerin başında kil, kum, çört ve organik materyaller gelir.

Prekambriyen'den günümüze kadar devam eden karbonat kayaçların oluşumunun sonucunda dolomit ve kireçtaşı varlığının çok büyük boyutlarda olduğu ortaya çıkmaktadır (Yakut, 2001).

Ülkemiz ekonomisinden dolayı yaşanan alt yapı sorunları; nakliye, liman hizmetleri, depolama ayrıca deniz navlunu gibi maliyetlerdeki değişkenlik fiyatlandırma özellikle istikrarlı fiyatlandırmada çok ciddi sıkıntı yaşatmaktadır. Boya ve boyanın türevlerinde artan endüstriyel gelişmelerle gerek mikronize gerekse granül dolomitin kullanımı her geçen gün artmakta ve önem kazanmaktadır. Kimyasal yapısı $CaCO_3$ olan kalsit başta boya olmak üzere kağıt, plastik v.b birçok sektörde beyazlığı ve maliyeti düşürücü özellikleri nedeni ile tercih edilirliği artmış her geçen gün de daha yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Kimyasal yapısı $CaMg(CO_3)_2$ olan dolomit, aynı şekilde ve aynı amaçla kullanılmaktadır. Özellikli ve profesyonel boya ürünleri üretimlerinde de dolomit tercih edilmektedir.

Birçok sanayinin ana girdisi olan dolomit özellikle boya sanayinde beyazlık açısından zengin içeriği sebebi ile temel titanyum dioksit gibi çok pahalı pigmentlerin daha az kullanılmasını sağladığı için gerek ekonomik gerekse çevre sağlığının korumasını artırıcı etkisi bulunmaktadır. Kağıt sektöründe de daha az selüloz kullanılmasını sağlamaktadır.

Boya ve yapı kimyasallarında kullanılan dolomitin de ülkemizde tüketimi gittikçe artmaktadır. Dolomit 2, 3, 5, 20 ve üzeri mikron boyutlarda öğütülerek

tüketim çeşitliliği kazandırılmıştır. Dolomit yapısı itibari ile daha sert bir malzeme olması sebebi ile kullanıldığı ürünlerde mukavemet sağlamaktadır. Üretilen dolomitin beyazlığı %98 oranında olup dış cephe ürünlerinde mukavemet açısından ve gösterdiği reaksiyondan dolayı kullanıcılar tarafından ilgiyle karşılanmaktadır. Dolomit ayrıca belli boyutlarda granül halinde de dış cephe sıvalarında dekoratif görüntülü ürünlerde bolca yer almaktadır.

Dolomit yapısı gereği sağlığa zararlı olmadığı gibi çevrenin korunması açısından önemli minerallerdir. Birçok yabancı ülkede toprağı zenginleştirmek ve kirlenen göllerin asiditesini düşürmek için kullanılmaktadır. Dolomit üretimi sırasında kimyasal bir işlem yapılmadığı için bu konuda yapılan madencilik çevreye dost bir çalışmadır.

Dolomit tüketimi, bir ülkenin sanayisinin gelişmişliği hakkında kriter olarak alınabilir ölçütlerdendir. Sanayisi gelişmiş ülkeler dolomiti kendi ülkelerinden veya ithalat yoluyla elde edip tüketmektedir. Ülkemizde bulunan kalsit ve dolomit kalitesi ve rezervleri bakımından çok zengindir. Dünyada adı ile bilinen kalsit ve dolomit kalitemiz, yabancı yatırımcıların dikkatini çekmektedir bu sebeple yabancı kuruluşlar fizibilitelerini yapıp yatırımlara başlamıştır.

Türkiye tüm karbonatlı kayaçların zengin ve kaliteli rezervlerine sahiptir. Bu nedenle çimento, kireç, agrega üretimlerinde kalite ve miktar bakımlarından başarı grafiği her geçen yıl yükselmektedir. Kağıt, demir-çelik, kimya ve seramik endüstrileri ile zirai faaliyetlerde de ülkemiz karbonatlı kayaçlarından elde edilen ürünler yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Çevre ile ilgili uygulamalarda, çok gerekli ve kullanımın kaçınılmaz olduğu alanlarda bile henüz arzu edilen kullanım şekli ve düzeyine ulaştığımız söylenememektedir. Ülkemiz madencileri olarak önemini yeterince kavrayamadığımız ülkemiz karbonatlı kayaçlar potansiyeline yeterli ilgiyi göstermekte yavaş davranırken, özellikle Fransızlar'ın başı çektiği AB ülkelerinden çeşitli firmalar bunlara yoğun yatırım yapmaktadır.

Bu öngörülerle yapılan yüksek lisans tez çalışmasında dolomitlerin hammadde özelliklerinin incelenmesi amaçlanmış ve bu çerçevede, dolomitlerin hammadde ve kalsinasyon karakteristiklerini belirlemek amacıyla Antalya ve Mersin Bölgesi dolomitlerinden (Kızılbağ-Mersin, Çanakçı-Mersin ve Alanya-Antalya)

örnekler alınmış, analizlere tabi tutulmuş ve analiz sonuçlarına göre kullanılabilecekleri alanlar hakkında önerilerde bulunulmuştur.

2. DOLOMİT

Kireçtaşları, tabii kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit olmak üzere üç grupta incelenmektedir.

- Kireçtaşı: Bileşiminde kütlece en az %90 oranında kalker (kalsiyum karbonat, $CaCO_3$) bulunduran tortul bir kayaçtır.
- Dolomitik Kireçtaşı: Bileşiminde kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) yanında kütlece %10-%35 oranında magnezyum karbonat ($MgCO_3$) bulunduran tortul bir kayaçtır.
- Dolomit: Bileşiminde %35'ten fazla magnezyum karbonat ($MgCO_3$) bulunduran tortul bir kayaçtır.

Dolomit, kireçtaşında ($CaCO_3$) Ca ile beraber Mg'un yer alması ile oluşan bir mineraldir. Bileşimi $CaMg(CO_3)_2$ olan ve bir çift karbon bileşiği olan dolomitin, kalsitten ayrı bir mineral olduğu ilk kez 1792 yılında Fransız jeolog Dolomie Syluoin (1750-1801) tarafından belirlenmiştir (Bathurst, 1971). Dolomit basit bir mineral olmayıp, oluşumu hala tartışılmaktadır. Ancak teorik olarak % 45-65 $MgCO_3$ içerdiği kabul görürken, pratikte bu oranın %10-40 arasında değişim gösterdiği görülmektedir. Dolomitten MgO kazanımı ilk defa 1913 yılında Pensilvanya'da gerçekleştirilmiş ve ABD'nin bu yıllardaki magnezya ihtiyacı dolomitten karşılanmıştır (Temur, 2001).

Dolomit, kireçtaşlarından CaO'nun yerini kısmen veya tamamen MgO'nun alması ile oluşur. Bu yüzden bileşimi açısından kireçtaşları ile ilişkili olup yanalda ve düşeyde daima kireçtaşları ile geçişlidir. Dolomitin özgül ağırlığı MgO oranına bağlı olarak 2,71 ile 2,87 g/cm^3; sertliği ise Mohs skalasına göre 3,5-4 arasındadır. Ticari saflıktaki dolomitin ergime noktası 1924-2495 °C arasında değişmektedir. İhtiva ettiği organik malzeme miktarı arttıkça koyulaşmakla beraber genellikle pembe, kirli beyaz, beyaz-gri, siyah ve kahve renklidir. İnce kesitlerinde ise renksizdir, ender olarak gri ve kahverengimsi renk gösterir. Romboedrik sistemde kristallenen dolomit % 30,4 CaO, % 21,8 MgO ve % 47,8 CO_2 içerir. Safsızlık olarak silikat, feldspat ve opak mineraller içerebilir. Kimyasal bileşimindeki Mg^{+2} yerine Fe^{+2} geçerse Ferrodolomit, Mn^{+2} geçerse mangan dolomit adını alır. Ankerit de bu izomorf serinin bir üyesidir (Erkan, 1978).

Dolomit, çoğunlukla kalsit ile beraber bulunur. Kalsitten öz şekilli olması, ikiz lamellerinin romboedrin kısa köşegenine paralel olması ile ayrılabilir. Manyezite çok benzer kesin bir ayrım için kimyasal inceleme yapılması gerekir. Atmosferik etkilere oldukça dayanıklı bir mineraldir. Soğuk ve seyreltik HCl asidin içinde çok yavaş olarak çözünebilir. Ancak ısıtıldığında çözünme daha hızlı bir biçimde gelişebilir.

Ticari anlamda dolomitin türleri için çeşitli sıcaklık derecelerinde işlemler yapılır. Kalsinasyon işlemi uygulanmamış dolomite *ham dolomit*, 1100 ºC'de ısıl işleme tabi tutulmuş dolomite *kalsine dolomit* 1850-1950 °C arasında ısıl işleme tabi tutulması ile elde edilen ürüne de *sinter dolomit* ismi verilmektedir. Dolomitin 1650 °C civarında demir oksitle birlikte yakılması ile elde edilen ürün ise *dead-burned dolomit* olarak isimlendirilmektedir (DPT, 2008).



Şekil 2.1. Dolomit Minerali

2.1. Dolomitin Oluşumu

Dolomit, kalsiyum karbonat yanında bulunan bir mineraldir. Çok seyrek olarak önce kalsiyum karbonat şeklinde oluşur. Yeraltında bulunan çözeltiler yardımıyla kaba kristalli dolomit şeklini alır; $MgCO_3$, $CaCO_3$, SiO_2 ve sülfitlerde dolomit yataklarında bulunabilir.

Dolomit, tortulanma yoluyla oluşmuş tüm karbonat katmanlarında görülebilir. Dolomitin oluşumunun ayrıntılarına ilişkin sorular bugün de cevaplandırılamamıştır

(Betechtin, 1975). Bazı araştırmacılara göre dolomit, tuzlu su ortamını bulduğu havzalarda, bazılarına göre tuzun yoğun olarak çökeldiği sularda, bazılarına göre ise, özellikle çok büyük yataklanmalar için çökelme işlemlerinden hemen sonra gömülmenin meydana geldiği ve platform çökelleri ile erken dönemde oluşan karbonatlar arasında uzun süre devam eden deniz suyu sirkülasyonu sonucu oluşmuştur. Dolomitin deniz dibinde nasıl oluştuğu bilinmemektedir. Pek çok jeolog dolomitin, ilk oluşum bakımından kireçtaşı olduğunu, daha sonra çeşitli etkilerle dolomite dönüştüğünü savunmaktadır. Bir başka sava göre, dolomit bir kimyasal olay sonucu yüksek oranda tuz içeren deniz ve göllerden çökelerek oluşmuştur. Bu iki dolomit oluşumunu birbirinden ayırmak için, petrografik bir ölçüt yoktur.

Dolomit, birincil ve ikincil olarak isimlendirilir. Az tortu içeren dolomitler birincil dolomitlerdir. Bu dolomitler buharlaşma sonucu biriken tortularla birleşerek oluşmuştur. İkincil dolomitler ise, metasomatik olaylarla, aragonit ve kalsit içeren kireçtaşlarının magnezyum bileşikleriyle birleşmesi sonucu oluşmuştur (Deer, 1962). Günümüzde meydana gelen dolomit oluşumları; birincil, düzensel ve mikritik yapıdadır. Günümüz dolomitleri ile erken dönem oluşan dolomitler arasında görülen farklılıklar oldukça fazla olsa da bunun önemli nedeni dolomitin kimyası ve mineralojisidir. Her ne kadar holosende geniş alanlarda dolomit oluşumu için yeterli süre olmasa da bu farklılıkları gösteren en önemli etken muhtemelen kinetiktir. Mg ve CO_2 içeriği açısından zengin çözeltiler, belirli koşullar altında kireçtaşının dolomite dönüşmesine neden olabilir (Deer, 1962).

Kireçtaşından oluşan ikincil dolomit, oluşumu açısından iki gruba ayrılır: Birinde, kireçtaşı içeren çözeltiler, çeşitli nedenlerle dolomit olarak tortulaşır. Diğerinde ise, magnezyum içeren çözeltiler oluşmuş kireçtaşını dolomite dönüştürür. İkincil dolomit, çok daha sık rastlanan bir oluşumdur. Burada önemli olan durum oluşan kalsiyum karbonatın kalsit veya aragonit olmasıdır, çünkü bunlardan oluşacak dolomit hiç kuşku yok ki farklı olacaktır. Kireçtaşının dolomitleşmesi için gerekli olan Mg, deniz suyunda vardır, fakat bunun nasıl olup da dolomite dönüştüğü, bugün tam olarak açıklanamamaktadır. Sıcak iklimde, derin deniz suyunda kireçtaşı oluşmuştur; zamanla buharlaşmanın etkisiyle deniz sığ hale gelmiş, bu ise deniz suyundaki tuz oranının artmasına neden olmuş ve dolomit üst katmanda oluşmuştur. Bu katman üstten alta doğru gittikçe saf kalsiyum karbonat içerir.

2.2. Dolomitin Sınıflandırılması

Temelde üç ayrı dolomit sınıflandırması yapılmakta ve dolomitler, kalsit ve dolomit içeriklerine göre, MgO ve CaO oranlarına göre ve kimyasal içeriklerine göre sınıflandırılabilmektedir (Dunham, 1962; Folk, 1962; Leighton ve Pendexter, 1962; Krumbein ve Sloss, 1963; Harben, 1995).

2.2.1. Kalsit ve Dolomit İçeriklerine Göre Sınıflandırma

Bünyelerindeki kalsit ve dolomit oranlarına göre karbonatlı kayaçlar sınıflandırılabilmektedir. Dolomit içeriğine göre kayaç sınıflandırması Çizelge 2.1'de verilmiştir (Folk, 1959; Yetiş ve Anıl, 2005; DPT, 1996).

Çizelge 2.1. Dolomitin İçeriklerine Göre Sınıflandırılması (Folk, 1959)

Kalsit Oranı (%)	Dolomit Oranı (%)	Tanımı
% 95'den fazla	% 5'den az	Kireçtaşı
% 90-95	% 5-10	Mg'lu Kireçtaşı
% 50-90	% 10-50	Dolomitik Kireçtaşı
% 10-50	% 50-90	Kalkerli Dolomit
% 10'dan az	% 90'dan fazla	Dolomit

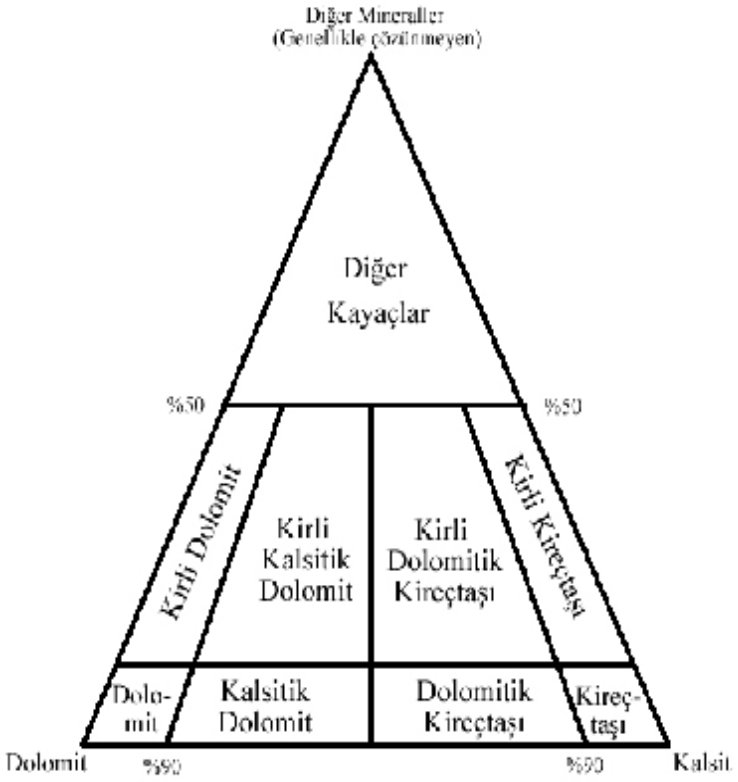
2.2.2. MgO ve CaO Oranlarına Göre Sınıflandırma

Karbonatlı kayaçlar, doğada nadiren tek mineral (monomineral) halinde bulunurlar. Bu kayaçların mineralojik bir sınıflandırmasının yapılabilmesi için kalsit, dolomit ve karbonat dışı mineral miktarlarındaki değişimlerinin bilinmesi gerekir. Bu sınıflandırma Şekil 2.2'de görüldüğü gibi bir üçgen üzerinde gösterilmektedir (Krumbein ve Sloss, 1963).

2.2.3. Kimyasal İçeriğe Göre Sınıflandırma

Karbonatlı kayaçların daha önce yapılan sınıflandırmaları önemli olmakla beraber, endüstriyel amaçlar için yeterli olmamaktadır. Endüstriyel amaçlara uygun

sınıflandırmada minerolojik içeriklerden ziyade kimyasal içerikler ön planda tutulmaktadır. Kimyasal içeriğe göre yapılan başlıca sınıflandırma Çizelge 2.2'deki gibidir.



Şekil 2.2. Karbonatlı Kayaçların CaO ve MgO Oranlarına Göre Sınıflandırılması (Krumbein ve Sloss, 1963; Harben, 1995)

Çizelge 2.2. Kimyasal İçeriğe Göre Sınıflandırma (Leighton ve Pendexter, 1962)

$CaCO_3$ İçeriği (%)	$MgCO_3$ İçeriği (%)	Tanım
---	45,6'dan fazla	Pür (Saf) Dolomit
---	43'den fazla	Yüksek Mg'lu Dolomit
95'den fazla	---	Yüksek Kaliteli Kireçtaşı
97,5'den fazla	---	Çok Yüksek Kaliteli Kireçtaşı

Belirtilen sınıflandırmalar dışında kireçtaşlarında; tane yapısı mikrit miktarı (kireç-çamur karışımı), çimento ve porozite gibi dört yapısal bileşenin oranını karakterize eden sınıflandırmalar yapılmaktadır. Taneli ve mikrit malzeme oranları böyle bir sınıflandırmanın temelini oluşturmaktadır. Kuvvetli dip akıntılarının olduğu

bölgelerde çamurların yataklanamamasından dolayı su akıntıları önemli ipuçları vermektedir (Leighton ve Pendexter 1962; DPT, 2008).

Kireçtaşları ile ilgili diğer sınıflandırmalar tane ve çamur oranlarına göre yapılmıştır. Dolomitlerde ise, kireçtaşlarında olduğu gibi böyle bir sınıflandırma yapmak mümkün olmamaktadır. Ancak dokunun korunup altere olmayıp korunmuş olması halinde bir sınıflandırma yapmak mümkündür. Birincil orijinli dolomitler için kristal büyüklüğüne göre bir sınıflandırma yapılabilmektedir (Dunham, 1962; Folk, 1962; DPT, 2008).

2.3. Dolomitin Kullanım Alanları

Fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak dolomitin 30'dan fazla kullanım alanı vardır. Dolomitin kullanım alanlarından en önemlisi refrakter malzeme imali ve kalsine edildikten sonra çelik üretiminde istenmeyen safsızlıkların cürufa geçmesini sağlamak amacıyla flux olarak kullanımıdır. Bu nedenle dolomitin en çok kullanıldığı endüstriler cam, refrakter ve demir-çelik sanayidir. Dolomit çimento üretiminde, dolomitik sönmemiş kireç, cam ve soda üretiminde hammadde; demir çelik sanayiinde sinter; yüksek fırınlarda refrakter malzeme ve cüruf artırıcı eleman olarak birçok sanayi dalında bileşenlerine bağlı olarak kullanılmaktadır (Çizelge 2.3).

Dolomit, fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak endüstride birçok alanda kullanılır (Çizelge 2.4). Isıl işlem görmüş dolomit refrakter sanayinde tuğla ve harç üretiminde kullanılırken, ham dolomit;

- Yol inşaatlarında mıcır ve beton yapımında dolgu maddesi olarak,
- Ziraatte, gübre yapımında dolgu maddesi olarak ve toprak ıslahında,
- Cam ve soda sanayinde üretimde MgO kaynağı olarak,
- Boya sanayinde dolgu maddesi olarak,
- Seramik sanayinde seramik bünye ve sırlarında,
- Kimya sanayinde beyazlatıcı ve ferrosilikon imalinde,
- Suyun filtrasyonunda,
- Deniz suyundan MgO üretimi sırasında katkı maddesi olarak,

- Demir-Çelik sanayinde demir cevherinin sinterleştirilmesinde, çelik üretiminde cüruf yapıcı ve refrakter tuğlaları koruyucu olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 2.3. Çeşitli Sanayi Dallarında Kullanılan Dolomitin Bileşimi (%) (Önem, 1996)

Bileşen	Demir-Çelik	Şişe-Cam	İzolatör	Refrakter
Fe_2O_3	1,42	<0,08	2-3	2,4
SiO_2	3,50	<0,30	24-32	3,5
Al_2O_3	0,50		8-12	0,5
CaO	30,00	34	15-21	30,0
MgO	18	19	10-13	18
Ateş Kaybı	46,38		26-29	46,50
Nem	3,0			
Toplam	102,8	53,38	85-110	100,90

Çizelge 2.4. Dolomitin Kullanım Alanları (DPT 2008)

Ana Sektör	Kullanım Alanı	Kireç Cinsi	Kullanma Amacı	Türkiye'de Kullanımı
Seramik	Refrakter	Sinter dolomit, sönmüş kireç	Dolomit tuğla üretiminde, silisli tuğla üretiminde	Var
	Cam	Dolomitik kireç	Cam üretiminde flux olarak	Var
	Diğer	Sönmüş ve sönmemiş kireç	Emaye, porselen eşya üretiminde	Var
Metal	Demir dışı metaller	Dolomitik kireç	Metalik magnezyum üretiminde	Yok
Kimya	MgO	Dolomitik kireç	Deniz suyundan MgO üretiminde	Yok
	CMA	Dolomitik kireç	Yollarda buzlanmayı önleyen kalsiyum magnezyum asetat üretiminde	Yok
Çevre	İçme suyu arıtma	Dolomitik sönmüş kireç	Sudaki silisin, manganın, floridlerin ve organik taninin giderilmesinde	Yok

2.3.1. Dead Burned Dolomit Üretim ve Özellikleri

Dead burned dolomit, doğal dolomitin ($CaCO_3$, $MgCO_3$) döner ve dik fırınlarla, kömür veya linyit kullanılarak kalsine edilmesi ile elde edilmektedir. Kalsinasyon veya sinterleme prosesi ham dolomitin kristal boyutu ve tane boyutu ile doğrudan ilişkili olmaktadır. Fakat burada en etkili faktör, curuflaşma özelliklerini ortaya koyan safsızlıkların miktarıdır. Demir oksit, sinterleme hızı ve yayınımı bakımından önemli etkiye sahiptir.

Dead burned (veya fused) dolomitler, dolomit kaynaklı refrakterlerin ana yapılarıdır. Tipik olarak, % 40'dan az MgO, % 50'den fazla CaO içerirler. Kullanılan yerlerin özelliklerine ve performansına bağlı olarak, zirkon, magnezya, fused malzeme, demir oksit ve diğer özgül malzeme konsantrasyonları değişir. Bu tip katkılı refrakter dolomitlere zengin dead burned dolomit adı verilir. Ayrıca bunlardan monolitikler veya özel şekillerde preslenmek suretiyle değişik kullanım amaçlı biriket ürünler elde edilir. Magnezya dolomit biriketleri, dead burned veya fused dolomit ile dead burned veya magnezyanın 70/30, 50/50 ve 30/70 gibi değişik oranlarda karışımından oluşmuş ürünlerdir. Bu ürünler % 50-90 arasındaki MgO, % 10-20 arasında CaO içermektedirler.

Ham dolomit, dead burned dolomit işlemi için -25 + 5mm boyut aralığına kırılarak, fırına şarj edilir. Dik fırın kullanılması durumunda, +50 mm'den büyük parçaların kullanılması gerekmektedir. Ayrıca kullanılan dolomitin, aşağıda verilen koşullara da uygun olması gerekmektedir.

1. Hacimce MgO oranının % 18'den büyük olmalı.

2. CaO/MgO oranının 1,6'dan küçük olmalı.

3. Safsızlık her boyut dağılımı için; SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3, MnO içeriği %0,5-1,5 arasında olmalı.

4. Kristal Boyutu < 0,3 mm ve mümkün olduğunca homojen olmalı.

5. Hacimce Porozite < %5 olmalı.

6. Ham durumda ve kalsine durumda yeterli mukavemete sahip olmalı.

Dead burned dolomit, farklı kalitede iki ürün olarak üretilmektedir. Bunlardan birincisi yüksek saflık dereceli (High Purity Grade) üründür. Bu ürün

1800 °C sıcaklıkta ve direkt kalsinasyon işlemi ile elde edilmektedir. Elde edilen ürünün yoğunluğu 3,2 gr/cm^3'dür. Bu işlem dolomitin peletleme, sinterleme veya kalsinasyonu ile elde edilir. İkinci ürün iyi kaliteli üründür (Fettling Grade). Bu ürün 1400 ile 1600 °C arasında, demir oksit yardımıyla dolomitin döner fırınlarda kalsinasyonu ile elde edilmektedir. Kalsinasyon, pişirme prosesini birinci aşamasında önemli role sahip olmaktadır. Eğer sinterleme yeteneği zayıf ise ikinci kalsinasyon aşaması gerekli olabilmektedir. Dolomit magnezya klinkeri eldesi için 1800 °C sıcaklıkta hem karbonatların hemde oksitlerin yoğun bir şekilde karıştırılarak biriketlenmesi ve daha sonra kalsine edilmesi gerekmektedir. EAF teknolojisi kullanılarak 70/30 dolomit/magnezya oranında bir karışım hazırlanarak fused dolomit elde edilmektedir.

Gri kahverengi renge sahip olan dead burned dolomitlerin yoğunluğu 3 g/cm^3'den büyük, porozite oranı % 8'den küçük, kristal boyutlarıda 2-20 mikron arasında olmaktadır. Dolomitler arzu edilen son kullanım alanının gereksinimlerine uygun olarak değişik MgO/CaO oranına sahip olabilmektedirler. Ancak safsızlık miktarının %2'den az olması zorunluluktur. Tipik olarak, refrakter endüstrisinde kullanılan dead burned dolomitler %40 civarında MgO, %58 civarında CaO ve maksimum %2 civarında toplam SiO_2, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 gibi emprüteler içermesi gerekmektedir. Refrakter kaliteli dead burned dolomit içeriği Çizelge 2.5'te verilmektedir (DPT, 2008).

Çizelge 2.5. Refrakter Kaliteli Dead Burned Dolomit Özellikleri (DPT, 1995)

Eleman	Miktar %
CaO	58-62
MgO	36-41
SiO_2	0,5-1,5
Fe_2O_3	0,5-1,0
Al_2O_3	0,2-0,8
MnO	0,1-0,2

Dolomit refrakterlerinin esas rakibi çelik potalarda kullanılan alümina-magnezya tuğlalarıdır. Özellikle kaynakları kendilerinde olduğu için Çin ve Japonya gibi ülkelerde, bu tür refrakterler göreceli olarak daha ucuz olduklarından,

dolomite göre daha çok tercih edilmektedir. Nitekim bu ülkelerde yılda birkaç bin ton gibi çok az oranda, bu amaca yönelik dolomit kullanılmaktadır.

Dolomit için ikinci önemli pazar, monolitik sektörüdür. Dolomitik monolitikler EAF tabanının tamirinde kullanılmaktadır. Bu tür dolomitikler %20-70 arasında kalsine olmuş dolomit içermektedir.

Dead burned dolomitler istenilen formülasyonda karıştırıldıktan sonra bağlayıcı malzeme eklenerek preslenmektedir. Bu tür briketlerin eldesi için iki ana yol bulunmaktadır. Bunlar;

Seramik veya doğrudan bağlı ateş biriketler: Sinter veya fused dolomitler 1500 °C'lik tünel fırınlarda ısıl işleme tabi tutularak hidrasyona karşı mukavemetinin artması için bitüm veya zift emprenye edilmektedir. Burada sisteme zirkon eklenmesi termal şoklara karşı dayanımı arttırmaktadır.

Karbon veya resin bağlı (temperlenmiş) biriketler: Bağlayıcı olarak kömür katranı veya fenol resinler kullanılarak grafit veya karbon olup veya olmaksızın (olması durumunda cüruflaşma direnci artar),sinter dolomit ve düşük demirli magnezya 300 °C'de temperleme işlemine tabi tutularak magnezya-dolomit klinkeri elde edilir.

Demir çelik endüstrisinde refrakter malzeme olarak kullanılan dolomit astarların avantajları şunlardır;

1. Ergimiş çeliğe daha düşük düzeyde oksijen sağlar.

2. Vakum ve atmosfer basıncından daha düşük basınç koşullarında, yüksek stabilite gösterir.

3. Düşük FeO içerikli proses cüruflarına karşı yüksek direnç gösterir. Dolomit astar ayrıca;

4. Çimento fırını yanma zonunda iyi kaplama davranışı gösterir.

Dolomit astarların dezavantajları;

1. Nemli ortamlarda hidrasyona duyarlıdır.

2. Asit curuf proseslerine karşı direnci düşüktür.

3. Karbon yanıp uzaklaştıktan sonra, karbon bağlı biriketler curuf infiltrasyonuna maruz kalabilir.

4. Curuf tarafından yoğun biçimde infiltrasyona uğramış biriketlerin sıcak yüzünde kırıklanma oluşur.

5. Refrakter astardaki CaO, SO_3 ve CO_2 ile reaksiyona girerek çimento fırınlarında tuz oluşmasına yol açar.

2.3.2. Dolomitten Elde Edilen Ürünlerin Kullanım Alanları

Sanayide kullanılan magnezyumun %90'ından fazlası, magnezyum bileşikleri şeklinde tüketilmektedir ve en önemli tüketicisi demir çelik endüstrisidir. Bu alan içinde magnezyum kaynağı olarak sinter manyezit ve sinter dolomit kullanılmaktadır. Ülkemizde dolomit en çok demir çelik endüstrisinde kullanılırken ABD'de ve diğer sanayileşmiş ülkelerde dolomit büyük miktarlarda ve çok çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır (Çizelge 2.6).

Saf çökelmiş magnezyum karbonat, iyi bir ısı izolatörüdür ve özellikle kazan ve pipolarda bu amaçla kullanılır. Ayrıca, az miktarda da olsa ilaç ve kozmetik endüstrisinde de tüketilmektedir.

Çizelge 2.6. Dolomiten Elde Edilen Magnezyum Bileşiklerinin Kullanım Alanları (Karaaytu, 2004)

Magnezyum Oksit (Magnezya)	Refrakter (Sinter) Magnezit	Basit Refrakter Malzemeler
	Kostik Kalsine Magnezya	Çimento, suni ipek, suni gübre, izolasyon, metalik magnezyum, refrakter malzeme, kimya endüstrisi, uranyum eldesi, kağıt endüstrisi
	Özel Kostik Kalsine Magnezya	Kauçuk, abrasif dolgu malzemesi, ilaç, refrakter malzeme, gübre, elektrik izolasyonu, neopren bileşikler, çimento
Magnezyum Karbonat	İzolasyon, abrasifler, pigment ve boya, cam, mürekkep, seramik, kimya ve gübre sanayinde.	
Magnezyum Hidroksit	Şeker flotasyonu, ilaç endüstrisi, magnezyum oksit eldesi.	
Magnezyum Klorür	Metalik magnezyum eldesi, çimento, seramik, tekstil, kağıt, kimya.	
Magnezyum Sülfat	İlaç, boya, gübre endüstrisi ile patlayıcı madde ve kibrit üretimi.	

Kağıt endüstrisinde son yıllarda magnezyum bileşikleri lehine önemli bir gelişme olmuştur. Kağıt hamuru elde edilmesinde kalsiyum sülfid yerine magnezyum sülfid tercih edilmektedir, zira magnezyum sülfid, kalsiyum sülfidin aksine proses içinde çok az kayıplı bir kapalı devre yaparak maliyeti düşürmektedir (Karaaytu, 2004).

Düşük özgül ağırlığı, kolay işlenilebilmesi, dökümde kolay şekil verilebilmesi, yüksek mukavemeti ve olumlu anodik davranışı nedeniyle metalik magnezyum, endüstrinin önemli ve kıymetli bir malzemesi haline gelmiştir. Bu özellikleri nedeniyle magnezyum gittikçe artan bir oranda, diğer eşdeğer malzemelere tercih edilmektedir. Kullanım alanları şu şekilde özetlenebilir; redüktan olarak, tetraklorit yöntemine göre titan eldesinde her ton titan süngeri için 1,2 ton metalik magnezyum tüketilmektedir. Aynı şekilde berilyum, zirkonyum ve uranyum eldesinde de bu özelliğinden faydalanılmaktadır. Ayrıca organik kimyada çeşitli bileşiklerin alkole dönüşümünde magnezyum redüktan özelliği ile önemli bir rol oynamaktadır. Kimyasal davranışındaki özelliklerinden dolayı, kuru pil yapımında, koruyucu anot olarak oldukça önemli bir oranda tüketilmektedir. Ayrıca matbaacılıkta, piroteknikte alaşım elementi olarak da kullanılmaktadır.

Düşük özgül ağırlığı, onu, çeşitli alaşımlarda önemli bir bileşik haline getirmiştir. Örneğin; her uçak ağırlığının yaklaşık %20-30'u metalik magnezyumdan oluşmaktadır.

2.4. Dünyada Dolomit Madenciliği

Sedimanter kayaçlar yeryüzünün %75'ini kaplamaktadır. Böylesine geniş bir yayılım gösteren sedimanter kayaç grubunun ne kadarını karbonat kayaçların oluşturduğu bilinmemektedir. Bunun yanında karbonat kayaçlarının oluşumunun Prekambriyen'den başlayıp günümüze kadar devam ettiği düşünülecek olursa bu tip kayaçların, dolayısıyla dolomit varlığının çok büyük oranlarda olduğu ortaya çıkmaktadır. Nitekim dünyada birçok ülkede dolomit rezervinin bulunduğunun bilinmesine rağmen rakamsal değerlere ulaşılamamıştır.

Dünyada dolomit üretimi genelde açık işletme yöntemi ile yapılmasına karşın, İsveç ve Finlandiya'daki bazı şirketler yeraltı işletme yöntemini kullanmaktadır. Dolomit üretiminde ABD, İngiltere, Japonya, Avusturya önemli yerlere sahiptir. Dolomit üretiminde dünyada belli başlı üreticiler ve üretim miktarları aşağıda görülmektedir (Çizelge 2.7).

Çizelge 2.7. Dünyada belli başlı sinter dolomit (sönmüş ve sönmemiş kireç ile birlikte) üretici ülkeler ve üretim miktarları (bin ton) (USGS, 2004)

Ülkeler	2000	2001	2002	2003	2004*
ABD	19.500	18.900	17.900	19.200	20.000
Almanya	6.850	6.630	6.620	6.637	6.700
Avustralya	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
Avusturya	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Belçika	2.300	2.000	2.000	2.000	2.000
Brezilya	6.273	6.300	6.500	6.500	6.500
Bulgaristan	1.388	2.025	1.136	2.902	2.900
Çek Cumhuriyeti	1.202	1.300	1.120	1.263	1.300
Çin	21.500	22.000	22.500	23.000	23.500
Fransa	3.100	3.000	3.000	3.000	3.000
Güney Afrika	1.391	1.615	1.598	1.600	1.500
Hindistan	910	910	900	900	900
İngiltere	2.500	2.500	2.000	2.000	2.000
İran	2.200	2.000	2.200	2.200	2.200
İtalya	3.500	3.500	3.000	3.000	3.000
Japonya	8.106	7.586	7.420	7.953	7.950
Kanada	2.525	2.213	2.248	2.216	2.200
Kolombiya	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300
Meksika	5.300	4.800	5.100	5.700	5.700
Mısır	800	800	800	800	800
Polonya	2.376	2.049	1.960	1.955	1.950
Romanya	1.480	1.790	1.829	2.025	2.000
Rusya	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Slovakya	750	816	912	847	850
Slovenya	150	1.434	1.636	1.500	1.500
Şili	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Tayvan	8010	800	750	800	800
Türkiye	3.300	3.200	3.300	3.300	3.400
Vietnam	1.156	1.351	1.426	1.450	1.500
Diğer Ülkeler	6.080	5.890	5.900	5.700	5.700
Toplam*	121.000	121.000	119.000	124.000	126.000

* tahmini

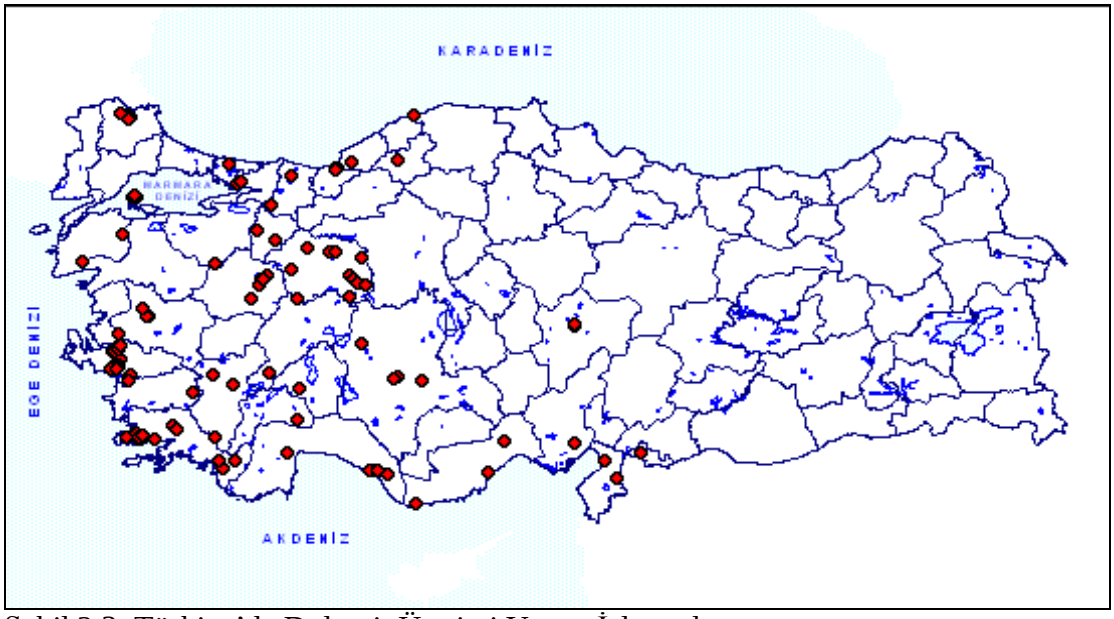
2.5. Türkiye'de Dolomit Madenciliği

Dolomit Türkiye'de Kambriyen'den Tersiyer'e kadar oldukça uzun bir yaş aralığında bulunmaktadır. Türkiye'de dolomit coğrafik olarak oldukça geniş bir yayılım göstermektedir. Buna rağmen dolomit etütleri devam ettirildiği sürece ortaya daha çok sayıda dolomit yataklarının çıkacağı da açıktır. Türkiye'de karbonatlı kayaçlara ait toplam rezerv miktarı tam olarak bilinmemektedir. Ancak Türkiye'nin bu konuda oldukça zengin bir potansiyele sahip olduğunu söylemek mümkündür (Çizelge 2.8). Türkiye'de bulunan dolomitler sanayide kullanılabilir nitelikte olup genellikle demir içerikleri düşüktür (DPT, 2008).

Çizelge 2.8. Türkiye Dolomit Yatakları ve Rezervleri (MTA, 2006)

Bölge	MgO (%)	Rezerv (x1000 ton)
Antalya-Akseki	19-20	500-(Görünür+Muhtemel)
Çankırı-Eskipazar-Sofular	18-21	236.455-(Görünür+Muhtemel)
Hatay-Harbiye	19	880-(Görünür+Muhtemel)
Hatay-İskenderun	18-19	60.000-(Muhtemel)
Hatay-Payas	20	24.500-(Muhtemel)
İçel-Gülnar-Aydıncık	18-21	9.615.000-(Görünür+Muhtemel) 21.059.000-(Mümkün)
İçel-Yavca	19,45	1.800.000-(Görünür) 192.199-(Muhtemel)
İstanbul-Şile-Ağva	15-19	11.682-(Görünür+Muhtemel)
İzmir-Cumaovası	17-22	7.737-(Görünür+Muhtemel)
İzmir-Çeşme-Alaçatı-Çiftlikköy	20	403.500-(Görünür) 45.600-(Muhtemel)
Karabük-Eskipazar-Sofular	20-21	236.250-(Görünür+Muhtemel)
Karabük-Yenice-Balıkısık	19-20	2.567-(Görünür) 4.078-(Muhtemel) 5.327-(Mümkün)
Kırklareli-Kofcaz-Kocayazı	2-21	10.920-(Görünür+Muhtemel)
Kocaeli-Gebze	14-22	297.602-(Görünür) 135.449-(Muhtemel)
Malatya-Hekimhan-Zorbahan	20-22	121.875-(Görünür)
Muğla-Fethiye-İncirköy	19-20	140.000-(Mümkün)
Muğla-Fethiye-Sekiköy	20-21	60.000-(Jeolojik)
Muğla-Milas-Ören	22	80.000-(Jeolojik)
Zonguldak-Ereğli-Alaplı	16-19,5	393.750-(Muhtemel)
Toplam	15 ve üzeri	15.887.160 (Görünür+Muhtemel)

Ülkemiz genelinde dolomit işletme hakkı olan 98 adet ruhsat bulunmaktadır. 2008 yılı verilerine 66 adet sahada üretim yapılmış ve 16.879.975 ton dolomit üretimi gerçekleştirilmiştir. Yine 2008 yılı verilerine göre 13.095.278 ton dolomit çeşitli sektörlerce tüketilmiştir (www. migem.gov.tr, 2010). Ülkemiz 2007 yılı dolomit ihracatı 2.915.446,56 $, 2008 yılı ihracatı ise %41 artarak 4.117.444,04 $ olarak gerçekleşmiştir (www.immib.gov.tr, 2010). Dolomit üretimi yapılan yerler topluca Şekil 2.3'de gösterilmiş, üretim yapan firmalar ve üretim miktarları ise Çizelge 2.9'da belirtilmiştir.



Şekil 2.3. Türkiye'de Dolomit Üretimi Yapan İşletmeler

2.6. Dolomit Üretim Yöntemi, Teknolojisi ve Ürün Standartları

Dolomit üretimi genelde basamaklı açık isletme yöntemleri ile işletilmektedir. Bu yöntemde; hazırlanan işletme projelerine uygun olarak basamaklar oluşturulmaktadır. Gerek basamakların oluşturulmasında gerek üretim esnasında patlayıcı, dozer, loder, kamyon gibi herhangi bir açık işletmede kullanılan ekipman kullanılmaktadır.

Bazı ekonomik ve çevre koşulları nedeniyle yeraltı işletmesi olarak çalışan işletmeler de mevcuttur. Dolomit üretiminde her ne kadar açık isletme yöntemi yaygın ise de İsveç'te "Ernstrom" ve Finlandiya'daki "Lohja Corp" şirketleri yeraltı

işletme yöntemi ile dolomit üretmektedir. Yeraltı maden işletmeciliği oda-topuk yöntemi ile yapılmakta olup, 13,5x15m'lik odalar oluşturulmaktadır. Arazi koşullarına bağlı olarak, 15m yüksekliğe kadar tavan yüksekliği bırakılabilmektedir. Üretim panolarından cevher nakliyatı 22-45 ton'luk kamyonlar vasıtasıyla yapılmaktadır (DPT, 2008).

Çizelge 2.9. Yıllık Üretimi 100.000 ton'un Üzerinde Olan İşletmeler

Dere Mad. İnş.Yapı Malz. San. ve Tic. A.Ş.	3.873.926
Aytaş Ayhanlar Mad.Enerji San.Tic.A.Ş.	1.513.802
Mıcırtaş İnşaat Mad. Tah. ve Tic. A.Ş.	1.482.744
Koca Beton Agrega Mad. ve Yapı San. A.Ş.	930.800
Bahri Özkan	875.245
Cimpor Yibitaş Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş	766.875
Kimtaş Kireç San. ve Tic. A.Ş.	744.649
Bur-Can Mad. Taah. Nak. Petr. San. ve Tic. Ltd. Şti.	727.418
Deniz Mad. San. ve Tic. A.Ş.	500.000
Şemsi Nur Aşçı(Yörük)	444.892
Kalsipar End Ham. Mak. San. ve Tic.Ltd. Şti.	436.837
Bülmaden Bülüç Mad. San. Tic. A.Ş.	381.654
Darbazyaşar Mad. İnş. Nak. Taah. San. ve Tic. Ltd. Şti	348.600
Kaptan Haf. Nak. İnş. Mad. Gıda. Teks. Trzm. Petr. San ve Tic. Ltd. Şti.	280.000
Yılmaz Madencilik San. ve Tic. A.Ş	277.554
İlhan Süter	276.000
Pisan İnşaat San. ve Mad. Tic. A.Ş.	238.639
Eko İnş. ve Tic. Ltd. Şti.	236.974
Bucak Mad. Kum Çakıl Nak. San. Tic. A.Ş.	227.943
Balcılar Demir Çelik İnş. Mad. Turz. Day. Tük. Mal. Gıda San. ve Tic. A.Ş.	180.755
Güngörler İnş. Harf. Mad. Pet. Gıda Mad. İth. İhr. San. Tic. ve Paz. Ltd. Şti	169.645
Bilgin İnş. Mad. San. ve Tic. A.Ş.	165.400
Dumlu Özcan	153.692
Camiş Madencilik A.Ş	138.429
Er Mad. Paz. İth. ve İhr. San. Ltd. Şti.	131.894
Kayaç Oluşumları Mad. End. Tic. Ltd.Şti.	125.000
Soğukdere Mad. Taah. İnş. Nak. San. ve Tic. Ltd. Şti.	119.100
Camiş Madencilik A.Ş	102.622
Emda İnş. San. ve Mad. Tic. Ltd. Şti.	102.250
Aksu Mozaik San. İnş. ve Tic. Ltd. Şti.	100.544

Karbonatlı kayaçlar birçok alanda tüketilmektedir. Bu nedenle de gerekli olan nitelikler ve sınırlamalarda değişiklikler göstermektedir. Dolomitte kullanılacağı yere göre bazı fiziksel ve kimyasal özellikler aranmaktadır.

İskenderun Demir ve Çelik Tesisleri'nde sinter ve yüksek fırınlarda kullanılan dolomitte:

MgO : %20,08

CaO : %29,54

$Al_2O_3+SiO_2$: %2,82

S (max) : %0,92 olmalı, ayrıca ateş zayiatı %46,38 ve nem oranı %3'ü aşmamalıdır.

Bununla beraber;

Sinterde kullanılacak olan dolomit: 0-80 mm

Yüksek fırında kullanılacak olan dolomit: 5-35 mm

Çelikhanede kullanılacak olan dolomit: 35-60 mm ebadında olması gerekmektedir.

Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları'nda kullanılan dolomitte aranan kimyasal özellikler.

MgO : %18,50 (min)

CaO : %33,00 (max)

$SiO_2+Al_2O_3$: %2,50 (max)

Tane boyutu : 10-100 mm arasında olması istenmektedir.

Şişe Cam Sanayi'nde kullanılan dolomitte ise istenen özellikler;

MgO : %19

CaO : %34

Görüldüğü gibi çeşitli sanayi dallarında kullanılan dolomitlerde amaca göre birbirinden farklı fiziksel ve kimyasal özellikler istenmektedir. Ayrıca üreticiler piyasanın ihtiyacına göre kalsine dolomit, sinterlenmiş dolomit ve ölü dolomit gibi değişik tiplerde kısmen işlenmiş dolomit de vermektedirler (DPT, 2008).

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3.1. Kireçtaşı ve Dolomitin Termal Bozunma Süreci

Kireçtaşı ve dolomit ısı etkisiyle hızla kalsine olmakta ve ayrışma sıcaklığı ortamdaki karbondioksitin derişimi ile kısmi basıncına bağlı olarak değişmektedir. Kalsiyum karbonatın saf (%100) karbondioksit atmosferinde ve atmosferik basınçtaki ayrışma sıcaklığı 898 C° olarak saptanmıştır (Johnston, 1910). Akışkan yataklı yakıcıların çalışma koşullarında ise bu sıcaklık 800-900 C° aralığında değişmektedir (Boynton, 1980).

Dolomitlerde, $MgCO_3/CaCO_3$ oranı değiştiği için, ayrışma sıcaklığı da buna bağlı olarak değişmektedir. Dolomitteki magnezyum karbonatın ayrışma sıcaklığı, saf magnezyum karbonatınkinden daha yüksektir. Azbe (1944), dolomitin 513 C°'de bozunmaya başladığını; ancak 590 C° e kadar ayrışan madde miktarının ihmal edilebilecek kadar az olduğunu ve bu sıcaklığın üzerinde ayrışmanın hızlandığını saptamıştır. Dolomitin magnezyum karbonat bileşeninin, saf karbon dioksit ortamında ve atmosferik basınçtaki ortalama ayrışma sıcaklığı 725 C° olarak saptanmıştır; kalsiyum karbonat bileşeninin ise, aynı koşullar altındaki ayrışma sıcaklığının daha yüksek olduğu bilinmektedir; yani, dolomitin termal bozunma süreci iki aşamada gerçekleşmektedir (Goldsmith, 1969). Kireçtaşı (3.1) ve dolomitin (3.2 ve 3.3) termal bozunma tepkime denklemleri şunlardır:

$$CaCO_{3(s)} + \text{ısı} \leftrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \quad (3.1)$$

$$MgCO_3.\ CaCO_{3(s)} + \text{ısı} \leftrightarrow MgO.\ CaCO_{3(s)} + CO_{2(g)} \quad (3.2)$$

$$MgO\ CaCO_{3(s)} + \text{ısı} \leftrightarrow MgO.\ CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \quad (3.3)$$

Dolomitin farklı sıcaklıklarda gerçekleşen iki kademeli ayrışmasında kalsiyum oksitin oluştuğu yüksek sıcaklıklarda magnezyum oksit sinterleşebilmektedir.

Kireçtaşı ve dolomitin termal bozunması dış yüzeyden içeri doğru gerçekleşmektedir; ancak ayrışmanın tam olabilmesi için sıcaklığın sorbent

taneciğinin merkezini de etkilemesi gerekmektedir; bu nedenle uygulamada ulaşılması gereken sıcaklık, teorik ayrışma sıcaklığından daha yüksektir (Othmer, 1978). Diğer taraftan, ortamdaki karbon dioksit derişiminin, yani kısmi basıncının, düşük olması halinde tanecik yüzeyinde bulunan karbonat moleküllerinin bir kısmının, teorik ayrışma sıcaklığının altında ayrıştığı gözlenmiştir (Marc ve Simek, 1913). Kalsiyum içeriği yüksek kireç taşlarındaki karbonat moleküllerinin yüzeydeki ayrışmasının 742 C° de gerçekleştiği Azbe (1939) tarafından saptanmıştır.

3.2. Tüketilen Enerji

Kireçtaşı ve dolomitin termal bozunma tepkimesinin gerçekleşebilmesi için, önce en düşük ayrışma sıcaklığına kadar gereken duyulur ısının harcanması gerekmektedir. Genellikle, ayrışma sıcaklığı kireçtaşlarına göre daha düşük olan dolomitlerde bu ısının miktarı daha az olmaktadır (Boynton, 1980).

Ayrıca kireçtaşı ve dolomitin içerdiği karbon dioksitin tamamının açığa çıkması, başka bir deyişle, termal bozunma tepkimesinin tamamlanması için ilave bir enerji gerekmektedirki bu enerji miktarı ortam koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Bir mol kalsiyum karbonatın ayrışması için 40 kcal; bir kilogram kalsiyum karbonatın ayrışması için 400 kcal ve bir kilogram kalsiyum oksitin oluşabilmesi için ise, 705 kcal'lik enerjiye gereksinim vardır. Bir mol magnezyum karbonatın ayrışması için 65 kcal; bir kilogram magnezyum karbonatın ayrışması için 340 kcal ve bir kilogram magnezyum oksitin oluşması için ise, 655 kcal'lik enerjiye gereksinim vardır. Bu değerler saf karbondioksit atmosferinde ve atmosferik basınçta gerçekleştirilen termal bozunma tepkimeleri için geçerlidir (Boynton, 1980).

3.3. Isıtma Sırasında Tanecik Yapısında Oluşan Değişimler

Kireçtaşı ve dolomitin termal bozunumu sırasında, ayrışma sıcaklığına ulaşıncaya kadar, tanecik yapısında bazı fiziksel değişimler meydana gelmektedir. Öncelikle maddenin yüzey nemi uzaklaşmakta ve sıcaklığın yükselmesiyle az miktardaki organik madde içeriği yanmaktadır. Bu nedenle, ayrışmanın başladığı

sıcaklığa ulaşılmadan öncede kireçtaşı ve dolomit taneciğinin kristal kafesinde mikro gözenekler ve çatlaklar oluşabilmektedir.

Hedin (1954), farklı bileşimlerdeki kireçtaşları ve saf kalsiti ayrışma sıcaklığından daha düşük sıcaklıklara ısıtarak, yapıda oluşan mikroskobik fiziksel değişimleri gözlemiştir. Ayrışma sıcaklığına ulaşıncaya kadar verilen ısının, genellikle, kristal matriste bir genleşmeye neden olduğunu saptamıştır. Bu ısının, büyük kristalli kireçtaşlarında kristal tanelerinde kırılmaya neden olan bir gerilim oluşturduğu; bunun aksine, küçük kristallerin ısının yarattığı gerilime karşı daha dayanıklı olduğu ve kırılmadığı gözlenmiştir. Yapıda bulunan ve küçük kristalleri ayıran çok sayıdaki çatlak ve yarıkların genleşme gerilimine karşı direnç oluşturduğu saptanmıştır. Bu çatlakların, ısı etkisiyle kristallerde meydana gelen genleşme sırasında genleşme mafsalı gibi davrandığı; bu nedenle yapının bütünlüğünün bozulmadığı sonucuna varılmıştır. Bu bulgular genelleştirilmiş olmakla beraber farklı davranışların gözlendiği ve açıklanamayan bazı sonuçlar da vardır.

Ayrıca, Foster (1946), termal bozunma öncesi ön ısıtma sonucu kalsiyum karbonatın yapısında termal genleşmenin meydana geldiğini ve bu genleşmeyle yapının lineer boyutlarında %5-10 kadar bir artış olduğunu saptamıştır; bu genleşmenin etkisiyle gözeneklilikte de bir artış meydana gelmektedir.

3.4. Tane Boyutunun Etkisi

Kireçtaşı ve dolomitin tane boyutu, termal bozunma sürecini etkileyen en önemli değişkenlerden biridir. Ayrışma taneciğin merkezinden yüzeyine doğru ilerlediği için, büyük çaplı tanelerin ayrışması çok zordur ve fazla zaman gerektirmektedir. Büyük tanelerde, tanecik içinde oluşan karbon dioksit gazının açığa çıkmak için geçeceği yol uzadığından, gazın çıkabilmesi için gerekli basınca oldukça yüksek sıcaklıklarda ulaşılabilmektedir. Termal bozunmanın yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi ise, tanecik yüzeyinde sinterleşmenin başlamasına neden olmaktadır (Boynton, 1980). Olumsuz ayrışma koşullarında, tanecik yüzeyinde sinterleşme ve/veya tekrar karbonatlaşma olabilmekte; tanecik merkezinde ise

ayrışmamış karbonat çekirdeği kalabilmektedir. Bu koşullar altında, yoğunluğu fazla, aktifliği ve yüzey alanı düşük bir kireç oluşmaktadır.

Ayrıca termal bozunma sırasında tanecik içinde oluşan sıcaklık profili, artan ısıtma hızı ve tanecik çapı ile artmaktadır. Tanecik çapı büyükse veya termal bozunma süresi kısa ise bu profil, işlem süresince korunmaktadır.

Karbon dioksitin açığa çıkmak için geçeceği yol kısa olduğundan küçük tanecikler, büyük taneciklerden daha düşük sıcaklıklarda ve daha hızlı kalsine olma eğilimindedir. Tane boyutunun küçük olmasının diğer bir sonucu da yüzey alanının artması ve ısı transferinin daha iyi gerçekleşmesidir (Boynton, 1980).

Tanecik çap aralıkları geniş aralıklarda değişen bir karışımın kalsine edilmesi istendiğinde, uygun ayrışma sıcaklığını belirlemek zordur; çünkü, küçük taneciklerin tamamen kalsine olduğu sıcaklık aralığında büyük tanecikler kalsine olmaz; büyük taneciklerin kalsine olduğu sıcaklık aralığında ise küçük tanecikler sinterleşme eğilimi göstermektedir. Sabit bir sıcaklıktaki, ayrışma hızı, tanecik çapı ile ters orantılı olmakta; yani, tanecik çapı küçüldükçe hız artmaktadır.

3.5. Sıcaklık ve Sürenin Etkisi

Maddenin özellikleri ne olursa olsun termal bozunma sıcaklığının yüksek olması ve sürenin uzun tutulması yanmış kireç oluşumuna neden olmaktadır. Yoğunluğu ve büzülme oranının yüksek olmasından ötürü yanmış kirecin gözenekliliği ve kimyasal aktifliği düşüktür (Othmer, 1978, Hedin, 1961, Murray, 1954).

Kalsine kireçtaşı ve dolomitin aktifliği, genellikle, kalsiyum oksitin suda hidratlaşma hızıyla ölçülmektedir. Aşırı yanmış kalsiyum oksitin kristal kafesi çok sıkıdır ve oksit molekülleri birbirine çok yakındır; bu durum hidratlaşma hızını oldukça yavaşlatmaktadır. Eğer termal bozunma en düşük ayrıştırma sıcaklığında gerçekleştirilirse, tepkimenin başlaması gecikebilir; tepkime ancak, ayrışma sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklıkta çalışıldığı zaman hızla gerçekleşmektedir. Sıcaklık artışının etkisi sürenin uzatılmasının etkisinden fazladır.

Kireçtaşı şiddetli ayrışma koşullarında (yüksek sıcaklık ve uzun süre) kalsine edilirse, sinterleşme başlamakta; kireçtaşı aşırı yanmış hale gelmekte ve başlangıç boyutunun %25-50'si oranında büzülmektedir. Bu büzülmenin sonucunda gözenek ve çatlaklar kapanmakta ve kireçtaşının yoğunluğu artmaktadır (Othmer, 1978). Murray (1954) 954-1343 C° aralığında seçtiği dört farklı sıcaklıkta, kalsiyum içeriği yüksek 43 kireçtaşını kalsine ederek, büzülme oranlarını saptamıştır; bu amaçla, kireçtaşlarını bir elektrik fırınında, kızdırma kaybı sonucunda ulaşması gereken ağırlıklarına düşünceye kadar kalsine etmiştir. Büzülme oranının, ayrışma sıcaklığının atmasıyla arttığı; ancak, bu artışın numuneden numuneye değiştiği saptanmıştır. Kristal boyutu ile büzülme arasında kısmı bir ilişki olabileceği; çoğunlukla iri kristallilerin en yüksek; küçük ve orta kristallilerin ise en düşük büzülme oranı gösterdiği gözlenmiştir. Kireçtaşlarının kimyasal bileşimiyle, büzülme oranı arasında hiçbir ilişki bulunamamıştır.

Dolomitlerinde aşırı ısınma sonucunda değişen oranlarda büzüldüğü; ama normal ayrışma sıcaklıklarından 1400 C°'e kadar, bu oranların genellikle kalsiyum içeriği yüksek kireçtaşlarından daha az olduğu gözlenmiştir (Kraus, 1959).

Hedin (1954), yoğunluk ve büzülme oranındaki artışı, kalsiyum oksit molekül kristallerinin birbirine yapışarak daha büyük kristaller oluşturmasına bağlamıştır. Kalsiyum karbonat kristallerinin ayrışması sonucunda, önce çok düzensiz oksit kristalleri oluşmaktadır; ancak, ayrışma süresi veya sıcaklığının artırılması, düzgün bir oksit-kafes yapısının oluşmasına neden olmakta ve kristaller büyümektedir.

Mayer ve Stowe (1964), x ışınları difraktometresi kullanarak yaptıkları incelemelerde, kalsiyum oksitin kristal boyutunun, en düşük ayrışma sıcaklığı ile tamamen sinterleştiği sıcaklık (1650 C°) arasında, yaklaşık 1000 kat arttığını (0,1 µm'den 100 µm'ye) saptamışlardır. Dolomitte ise, kalsiyum oksit kristallerinin magnezyum oksit kristallerine oranla daha hızlı bir şekilde birbirine yapıştığı ve sonuçta daha büyük kalsiyum oksit kristallerinin oluştuğu gözlenmiştir; bunun nedeninin, kalsiyum oksit moleküllerinin bağ enerjilerinin magnezyum oksit moleküllerininkinden daha düşük olması ve kristal yapı içinde hareket edebilmesi olduğu ileri sürülmüştür. Termal bozunma tepkimesinin ürünü olan kalsiyum oksitin

aktifliği, kalsiyum karbonatın parçalanmasından hemen sonra en üst düzeydedir; süre veya daha önemlisi sıcaklık artırılınca azalmaktadır.

Engler ve ark. (1989), yaptıkları çalışma ile CO_2 atmosferinde dolomitin kalinasyonunu (dönüşüm) incelemişler bünyesindeki $CaCO_3$ miktarına bağlı olarak $MgCO_3$'ın MgO'e 550 ve 765 °C arasında dönüştüğünü; hava atmosferinde ise 700 °C ve 740-750 °C arasında dönüştüğünü ve dönüşümün 780 °C'de sonlandığını belirlemişlerdir.

3.6. Ağırlık Kaybı ve Gözeneklilik

100 kg saf kalsiyum karbonatın termal bozunması sonucunda, 56 kg kalsiyum oksit ve 44 kg karbondioksit oluşmaktadır. Kireçtaşı termal bozunma sonucu kütlesinin yaklaşık %44'ünü kaybetmekte ve taneciğin dış şekli önemli ölçüde değişmediğinden gözenekliliği artmaktadır. Kalsiyum karbonatın molar hacmi 37.10^{-3} m^3/kmol, kalsiyum oksitinki ise 17.10^{-3} m^3/kmol'dür (Münzner, 1985). Kireçtaşının özgül hacmi termal bozunma sırasında %46 kadar azalmaktadır. Dolomitteki karbonat miktarı genellikle daha fazla olduğundan, oluşan kütle kaybı da daha fazla olmaktadır. Saf magnezum karbonat ayrıştığı zaman ağırlığının %52,2'sini kaybettiği için magnezyum karbonat içeriği yüksek dolomitlerin kütle kaybı da daha fazla olmaktadır. Termal bozunma sırasında karbondioksit gazının çıkışıyla oluşan gözenekler, makro ve mikro gözenekler halinde olmaktadır. Mikro gözeneklerin fazla olması taneciğin yüzey alanını önemli ölçüde arttırmaktadır. Gözeneklilik ve gözenek çap dağılımı kimyasal aktifliğin en önemli göstergeleridir (Spinolo, 1989).

3.7. Safsızlıkların Etkisi

Kireçtaşı ve dolomitin içerdiği safsızlıklar, termal bozunma sürecini genellikle karmaşıklaştırmaktadır. Silika, alümina ve demir gibi safsızlıklar yüksek sıcaklıklarda, kalsiyum oksit ile kimyasal birleşme eğilimi göstererek, silikatları, alüminatları ve ferritleri oluşturmaktadır (Othmer, 1978).

Sabit veya akışkan yataklı yakıcılarda bulunan yakıt külü de düşük sıcaklıkta eriyen kalsiyum bileşikleri oluşturarak yüzey sinterleşmesine neden olmaktadır. Termal bozunma sonucu açığa çıkan karbon dioksit, bazı koşullarda kalsiyum oksitin yüzeyinde tekrar tutularak yeniden karbonatlaşmaya neden olmaktadır. Bu bakımdan ayrışma sırasında oluşan karbon dioksitin çıkış hızı önemlidir. Termal bozunma sırasında maddenin yapısındaki çökme sonucu oluşan çatlaklar gaz çıkış hızını artırmaktadır. Ayrıca kireçtaşının içerdiği nem ve organik safsızlıklar (klorit tuzları ve florit tuzları) da ve karbondioksitin çıkışını kolaylaştırıcı rol oynamaktadır (Li ve Messing, 1983; Li ve Messing, 1984).

Bazı kireçtaşları ve dolomitler, özellikle büyük kristalliler, tam kalsine edilememekte ve ön ısıtma veya termal bozunma sırasında ufak parçalara ayrılma eğilimi göstermektedir. Belirli bir kireçtaşı veya dolomitin termal bozunma sırasındaki davranımı sadece deneysel olarak saptanabilmektedir.

3.8. Yapılan Diğer Çalışmalar

Kuşcu ve ark. (2001), Menteşe (İsparta) dolomitlerinin endüstriyel hammadde özelliklerinin araştırmasını yapmıştır. Menteşe dolomitlerinin MgO-CaO içeriklerine göre büyük bir çoğunlukla dolomit karakterinde olduğunu saptamışlardır. Tanımladıkları jeokimyasal özelliklerle Menteşe dolomitlerinin dead burned dolomit, demir çelik ve refrakter sanayinde, ayrıca cam ve gübre sanayinde kullanılabilecek özelliklere sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Arifoğlu ve ark. (2003), kireçtaşı ve dolomit gibi doğal sorbentleri kömürün yakılmasından kaynaklanan kükürt oksitlerin giderildiği proseslerde yaygın olarak kullanılmışlardır. Yaptıkları çalışma ile Türkiye'nin değişik yörelerinden topladıkları 6 kireçtaşı ve 4 dolomit örneğini kalsinasyon ve hidratasyon yoluyla aktiflemiş ve aktivasyon işleminin sorbentlerin özelliklerine olan etkisini incelenmişlerdir.

Öner ve Taşlı (1999), Aydıncık (İçel) yöresi Alt Liyas yaşlı dolomitlerin endüstriyel hammadde potansiyelini incelemişlerdir. Dolomit örneklerinin mineralojik ve kimyasal bileşimlerini petrografik, X-ışını difraksiyonu (XRD) ve ICP-ES analizleriyle belirlenmişlerdir. XRD analizleri neticesinde örneklerin

çoğunlukla dolomit, ikincil olarak kalsit ve tali olarak kuvars mineralleri içerdiğini belirlemişlerdir.

Güçlü (1987), yaptığı çalışmada, sinter harmanını oluşturan bileşenlerden cüruflaştırıcı görevi yapan kireçtaşı ve dolomitin sinter özelliklerine etkisinin incelenmesi amacıyla laboratuar tipi sinter cihazında deneyler yapmıştır. Yapılan deneylerle, sisteme artan miktarlarda kireçtaşı ilavesi ile sinterleşme verimi ve sinter mukavemeti artarken sinterleşme süresinin azaldığını, dolomit tozu ilavesiyle baziklik artışı sağlandığı zaman ise, sinterleşme süresinin arttığını saptamışlardır. Geri dönen sinter ilavesinin ise, gerek kireçtaşı ilaveli gerekse dolomitik harmanların sinterleşme kabiliyetini artırdığını belirlemişlerdir.

Gedikoğlu (1994), yaptığı çalışmada, doğal kireçtaşı ve dolomit numunelerinin termal bozunma tepkime kinetiğini incelemiş, termal bozunma tepkimeleri, termogravimetrik analiz cihazı kullanılarak, farklı gaz atmosferinde ve dinamik koşullar altında gerçekleştirmişlerdir. Örneklerin termogravimetrik analizi sonucu elde edilen TG verilerinden yararlanarak, tepkime dönüşüm hızlarının, sıcaklık ve zamanla değişimini gösteren DTG eğrilerini türetmişlerdir. Örneklerin termal bozunma tepkimelerine ait DTG eğrilerinin şeklinin, numune özellikleri ve gaz atmosferi bileşiminden etkilendiğini; tepkime başlangıç ve bitiş sıcaklıklarınında bu faktörlere bağlı olarak değiştiğini saptamıştır. İsokinetik nokta yönteminin uygulanması ile DTG verilerinden hesaplanan kinetik değişkenlerde örnek özelliklerine ve gaz atmosferinin bileşimine bağlı olarak farklılıklar gösterdiğini belirlemiştir.

Akarsu (2004), İçel Yavça dolomitlerinin HCl ile özütlenmesi sonucu elde edilen çözeltiden yüksek içerikli MgO kazanma koşullarını araştırmıştır. Çökelen $CaCO_3$ taneciklerini filtre ile ayırdıktan sonra kalan $MgCl_2$ çözeltisinden ısıtma ile MgO kazanımı gerçekleştirmiş ve %89,5 kazanma verimi ile %97,2 MgO içeren ürün elde etmiştir.

Kılıç (2005), Çukurova Bölgesi kireçtaşları üzerinde yaptığı çalışma ile kireçtaşlarının hammadde özelliklerini belirlemiş, kireçtaşlarının kalsinasyon davranışlarını ve kalsinasyon kinetiğini incelemiş ve kireç üretimi gerçekleştirilen fırınları değerlendirmiş ve uygun yakma ortamları (fırınlar) hakkında yapılabilecek modernizasyon çalışmalarını ise vurgulamıştır.

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

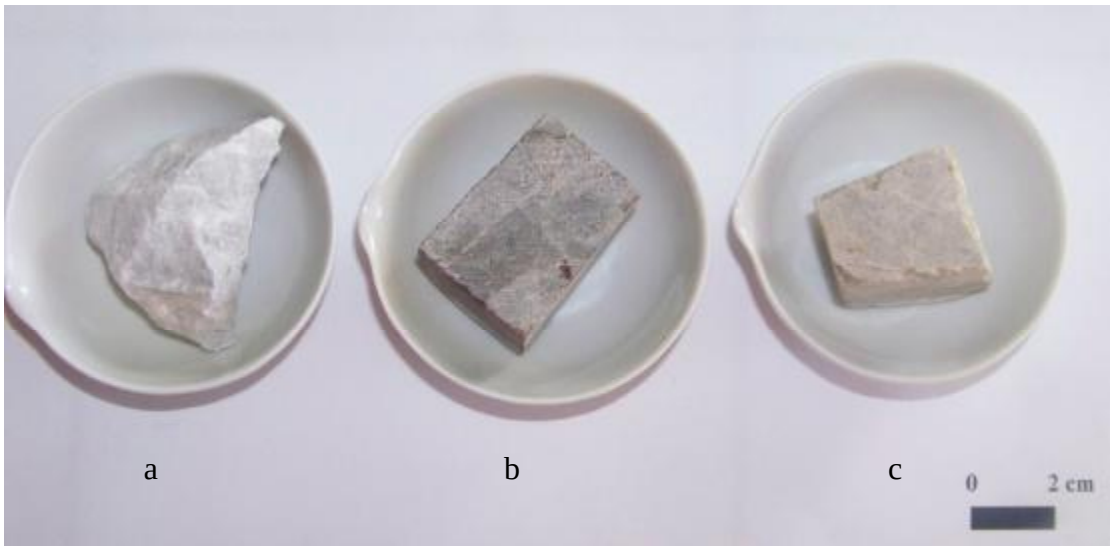
İnceleme alanları Akdeniz Bölgesi'nde Antalya ve Mersin illeri arasındaki üç ayrı alanda (Kızılbağ-Mersin, Çanakçı-Mersin ve Alanya-Antalya) yataklanmıştır. Bu yörelerde oluşmuş dolomitlerden örnekler alınmış ve hammadde özelliklerinin belirlenmesi amacı ile Ç.Ü. Maden Müh. Bölümü Laboratuarları'na getirilmiştir (Şekil 4.1). Seçilen örnekler çatlaksız, gri renkli, damarsız ve araziyi temsil edecek özelliktedir (Şekil 4.2).

4.1.1. Mersin Bölgesi Jeolojisi

Mersin ili sınırları içinde yüzeyleyen jeolojik birimler Demirtaşlı (1986), Gedik ve ark. (1979), Bilgin ve ark. (1994), Demirtaşlı ve ark. (1983), Ulu (1983, 1998) gibi önceki çalışmalardan yararlanılarak özetlenmiştir.



Şekil 4.1. Dolomitlerin Saha Görüntüsü



Şekil 4.2. Dolomit Örneklerinin Makroskobik Görünümü (a. Alanya, b.Çanakçı, c. Kızılbağ Örnekleri)

Temel Kayaları; Alanya Birliği: Metamorfik kayaçlardan oluşan bu birlik içinde Üst Permiyen ve daha yaşlı Bağlıca Formasyonu, Üst Permiyen yaşlı Pınarkır Formasyonu ve Alt Triyas yaşlı Sivastıyayla Formasyonu bulunmaktadır.

Antalya Birliği: Erken Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı çökelleri içeren karmaşık yapılı birlik içinde Kambro-Ordovisyen yaşlı Çakmak Formasyonu, Alt Devoniyen yaşlı Narlıca Formasyonu, Üst Permiyen yaşlı Bıçkıcı Formasyonu, Alt Triyas yaşlı Yöreme Formasyonu, Orta-Üst Triyas yaşlı Çamlıca Formasyonu ve Mestriştiyen yaşlı Karaçukur Formasyonu bulunmaktadır.

Geyikdağı Birliği: Metamorfik olmayan çökel birimlerden oluşan göreceli otokton veya paraotokton kabul edilen birlik içinde Alt Kambriyen yaşlı Hacıishaklı Formasyonu, Kambriyen yaşlı Ovacıkışıklı Formasyonu, Kambro-Ordovisyen yaşlı Ovacık Formasyonu, Alt Silüriyen yaşlı Eğripınar Formasyonu ve Hırmanlı Formasyonu, Üst Silüriyen-Alt Devoniyen yaşlı Karayar Formasyonu, Alt Devoniyen yaşlı Sığırcık Formasyonu, Orta Devoniyen yaşlı Büyükeceli Formasyonu, Üst Devoniyen yaşlı Akdere Formasyonu, Alt Karbonifer yaşlı Korucuk Formasyonu, Orta-Üst Karbonifer yaşlı İmamuşağı Formasyonu, Üst Permiyen yaşlı Kırtıldağı Formasyonu, Alt Triyas yaşlı Kargıcak Formasyonu, Orta-üst Triyas yaşlı Kuşyuvasıtepe Formasyonu, Alt-Orta Kambriyen yaşlı Sipahili Formasyonu, Alt Paleozoyik yaşlı Babadıl Grubu, Üst Triyas yaşlı Murtçukuru

Formasyonu, Alt Jura yaşlı Yanışlı Formasyonu, Jura-Alt Kretase yaşlı Tokmar Formasyonu ve Üst Kretase yaşlı Hayvandağı Formasyonu bulunmaktadır.

Aladağ Birliği: Şelf türü karbonat ve silisli klastik çökel kayalarını içeren birlik içinde Orta-Üst Devoniyen yaşlı Tozlucayayla Formasyonu, Karbonifer yaşlı Harzadındağı Formasyonu, Üst Karbonifer-Permiyen yaşlı Dumlugöze Formasyonu, Alt-Orta Triyas yaşlı Dişdöken Formasyonu, Üst Triyas yaşlı Gevne Formasyonu, Alt-Orta Jura yaşlı Boğuntu Formasyonu, Jura-Kretase yaşlı Çakozdağı Formasyonu ve Üst Kretase yaşlı Akçaldağı Formasyonu bulunmaktadır.

Bozkır Birliği: Çeşitli kayaç birimlerinden oluşan olistostromal bir kompleks olan birlik içinde Güneydağı Ofiyoliti, Kampaniyen yaşlı Çiftehan formasyonu ve Mestriştiyen yaşlı Bloklu Filiş bulunmaktadır.

Örtü Kayaları; Paleo-Otokton Kayalar ve Neo-Otokton Kayalar olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Erken Tersiyer'e ait Belbağ ve Sarıtaş Formasyonları Paleo-Otokton, Oligosen-Pliyosen yaşlı kayalar ise Neo-Otokton Kayalar şeklinde ayrımlanmıştır (Ulu, 1998).

4.1.2. Antalya Bölgesi Jeolojisi

Antalya Körfezi, güneydoğuda Gazipaşa ile güneybatıda Yardımcı Burnu arasında yaklaşık 280 km uzunluğundadır.

Antalya İli'nde Quarterner, Tersiyer, Mesozoik, Paleozik adlı yaşlı kayaçlar bulunmaktadır. Antalya Ovası'nın büyük bir kısmı Quarterner'e ait konglomera, alüvyon ve travertenlerle örtülüdür. Bu formasyonların en önemlisi, Aksu Çayı'nın batısında geniş bir alan kaplayan travertenlerdir. Üç basamak halinde kuzeye doğru yükselen bu formasyonun ilk basamağı üzerine Antalya kenti kurulmuştur. Büyük sayıda erime boşlukları bulunan travertenler, tipik karst topografyasını meydana getirmişlerdir. Deniz altında da devam eden travertenlerin toplam kalınlığı birkaç yüz metreyi geçer. Antalya Bölgesi'nde paleozoike ait en eski kayaçlar, Alanya'nın kuzeyindeki Alanya Dağları'nda yaygın olarak görülürler.

Kristal şişt, fillat, mermer ve kalkerlerle temsil edilen bu kayaçlar, şiddetli teknotik olayların etkisinde kalmışlar ve kırılarak kıvrılmışlardır. Bu olayların en

önemlisi, paleozoik alanlarının, kuzeydoğu yönünde, mezozoik ve tersiyer alanları üzerine itilmesidir.

Antalya havzasının büyük bir kısmını Mezozoik formasyon kalker, marn, filis ve serpantinden oluşmuştur. Kalkerler gri renkli, çok çatlaklı ve boşlukludur. Ayrıca karstik şekillere ve düdenlere sahiptir. Bu devir alanları, Antalya Ovası'nın batısı ile kuzeyinde geniş alanlara yayılmıştır. İlin dağlık bölgelerini oluşturan bu formasyonlar tersiyer alanları ile birlikte karst yeryüzü şekillerini oluşturmuşlardır.

Antalya Ovası'nın zeminini meydana getiren Tersiyer alanları ise, ayrıca dağlık bölgelerde Mezozoik formasyonları ile karışık halde bulunmaktadır. Genellikle kalker, konglomera ve kumtaşlarından oluşmuştur.

4.2. Metod

2009 yılı yaz döneminde sürdürülen arazi çalışmalarında, çalışma konusu dolomitlerin bulunduğu bölgeler yerinde incelenmiş ve bu bölgelerden dolomit örneklerinin hammadde özelliklerini belirlemek amacı ile sistematik olarak yeterli miktarda örnekler alınmıştır.

Araziden alınan örnekler, Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya ve Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuarları'na hammadde özelliklerini belirlemek amacı ile getirilmiş ve deneylere tabi tutulmuştur. Laboratuarda deneyler için istenilen boyutlarda örnekler elde edilmiş ve bu örneklerin kimyasal, mineralojik, fiziko-mekanik ve ısıl özellikleri belirlenmiştir. Kullanılan standartlara göre karşılaştırma yapılmıştır.

4.2.1. Kimyasal Analiz

Analizler, bölüm laboratuarında yaptırılmıştır. Dolomit örneklerin kimyasal analizleri XRF (Siemens SRS 300 X-ray Fluoresans Spectrometer) kullanılarak yapılmıştır. X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlamasıyla veya atomun iç orbitallerindeki elektronların elektronik geçişleri ile oluşturulan kısa dalga boylu elektromanyetik ışınlardır. X-ışınlarının dalga boyu aralığı yaklaşık 10^{-5} Å'dan

100 Å'ya kadardır. Ancak klasik X-ışınları spektroskopisi yaklaşık 0,1 Å ile 25 Å (1 Å= 0,1 nm=10^{-10} m) arasındaki bölgeyi kapsamaktadır (Jenkis ve ark., 1995).

4.2.2. Petrografik Analiz

Dolomit örneğinden kesilen ince levhanın bir yüzü 600'lük zımpara tozu ile aşındırılarak düzlenmiştir. Daha sonra 1000'lik zımpara tozu ile cam üstünde pürüzleri iyice temizlenerek parlatılmış ve cam lama, Kanada balsam yapıştırıcı ile yapıştırılmıştır. Kayacın diğer yüzü, 0,02 mm kalınlık elde edilene kadar benzer işlem ile aşındırılmış ve ince kesitler elde edilmiştir. Bu kesitler üzerinde polarizan mikroskop (Olympus BH-2) ile paleontolojik incelemeler yapılmıştır.

3.2.3. Fiziksel Özellikler

Çalışma alanından sistematik olarak alınıp laboratuara getirilen örnek numunelerin fiziksel özellikleri tayin edilmiştir.

4.2.3.1. Birim Hacim Ağırlık

Bu deneyle, tabii yapı taşlarının boşlukları ile birlikte birim hacim kütlesi tayin edilir. Deney düzgün geometrik şekilli olan veya olmayan deney numunelerinin kullanılması haline göre iki ayrı şekilde uygulanır. Düzgün olarak küp, dikdörtgenler prizması veya silindir biçiminde hazırlanan deney numunelerinde hacim kütlesi tayini;

Terazi: Yeterli kapasitede 0,01 gr hassasiyette,

Etüv: 110 ^{o}C$\pm$ 5 ^{o}C sıcaklığa ayarlanabilen, tercihen hava silkilasyonlu,

Desikatör: Uygun büyüklükte sac veya uygun malzemeden yapılmış,

Deney numunelerini küp, dikdörtgenler prizması veya silindir şekline getirmekte kullanılan cihazlar (taş kesme testeresi, karot alma cihazı, numune yüzeylerini düzeltmede kullanılan aşındırıcı cihazlar).

Deney numunelerinin yüzleri sert bir fırça ile fırçalanıp su ile yıkanarak temizlenir ve değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur. Desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 0,1 gr hassasiyetle tartılır (G_k).

Deney numunelerinin hacimleri, boyutlarından hesaplanarak bulunur. Deney numunelerinin boyutlarının her biri, birbirine dik doğrultuda olmak üzere ikişer defa 0,5 mm hassasiyetle ölçülüp bunların aritmetik ortalamaları alınarak bulunur. Bulunan ortalama boyutlardan deney numunelerin hacimleri hesaplanır, bulunan değer 0,5 cm^3'e yuvarlatılarak kaydedilir (TS 699).

Tabii yapı taşının hacim kütlesi,

$$d_h = \frac{G_k}{V} \tag{4.1}$$

eşitlik 4.1 ile hesaplanır. Burada;

d_h = Taşın hacim kütlesi (g/cm^3),

G_k= Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (g),

V= Deney numunesinin hacmi (cm^3),

4.2.3.2. Özgül Ağırlık

Deney en az üç deney numunesi üzerinde yapılır. Deneyde kullanılan araçlar;

Terazi: Yeterli kapasitede 0,01 g hassasiyette,

Elek: Göz açıklığı 0,2 mm olan kare gözlü deney eleği,

Piknometre: Uygun büyüklükte,

Etüv: 110 ^oC ±5 ^oC sıcaklığa ayarlanabilen,

Desikatör: Uygun büyüklükte,

Vakum Pompası: Basıncı 22 mm ± 2 mm H_g sütunu değerine indirebilecek kapasitede (TS 699).

Numuneyi temsil edecek şekilde, değişik parçalardan kırılarak alınan en az 2 kg numune, tamamı göz açıklığı 0,2 mm olan kare gözlü elekten geçecek şekilde öğütülür ve değişmez kütleye kadar kurutulur.

Oda sıcaklığındaki su ile doldurulan piknometre, kapağı kapandıktan ve üzerindeki su damlaları kuru bir bez ile alındıktan sonra 0,01g hassasiyet ile tartılır (G_{ps}). Piknometre içindeki su tamamen boşaltıldıktan ve etüvde kurutulup soğutulduktan sonra tekrar tartılarak piknometre (kapağı ile birlikte) kütlesi bulunur (G_p). Kurutulup soğutulmuş olan öğütülmüş numuneden 250 g ± 5 g kadar alınarak kuru bir huni yardımıyla piknometre içine konulur ve kapağı ile birlikte 0,01 g hassasiyetle tartılır (G_{pn}). İçinde deney numunesi bulunan piknometre hacminin ¼'üne kadar su ile doldurulur ve yaklaşık 10–15 dakika süre ile kaynatılır. Numune taneleri içerisinde hava kabarcıklarının kalmaması için yapılan bu işlem yerine, vakum pompası da kullanılabilir. Vakum pompası kullanıldığı takdirde vakum pompası ile hava alma işlemi, piknometre sık sık çalkalanarak kolaylaştırılır ve işleme hava kabarcıkları çıkmayıncaya kadar devam edilir. Hava alma işlemi sonunda piknometre su ile tamamen doldurulur ve kaynatma metodu kullanılmış ise bir su banyosu içerisinde oda sıcaklığına kadar soğutulur. Kapağı kapatılarak üzeri kurulanır ve 0,01 g hassasiyetle tartılır (G_{pns}) (Şekil 3.7).

$$d_0 = \frac{G_{pn} - G_p}{\left(G_{pn} - G_p\right) - \left(G_{pns} - G_{ps}\right)} \tag{4.2}$$

d_0 = Taşın özgül kütlesi,

G_{pn}= Piknometre + deney numunesi kütlesi (g),

G_p = Piknometre kütlesi (g),

G_{pns} = Piknometre + deney numunesi + su kütlesi (g),

G_{ps} = Su ile dolu piknometre kütlesi (g).

4.2.3.3. Görünür Porozite

Taşın porozitesi eşitlik 4.3'e göre hesaplanmaktadır (TS 699).

$$P = \left(1 - \frac{d_h}{d_{ö}}\right) x100 \tag{4.3}$$

P= (1-k).100

P= Taşın porozitesi (%),

d_h= Taşın hacim kütlesi (g/cm^3),

d_o= Taşın özgül kütlesi (g/cm^3),

k= d_h/d_o (doluluk oranı)'dır.

4.2.3.4. Su Emme Oranı

Deney düzgün geometrik şekilli olan veya olmayan en az üç deney numunesi üzerinde yapılır. Yapılan inceleme için düzgün geometrik şekilli olmayan dört adet deney numunesi hazırlanmaktadır.

Terazi: Yeterli kapasitede 0,1 g hassasiyette,

Etüv: 110 ^{o}C±5 ^{o}C sıcaklığa ayarlanabilen, tercihen hava sirkülasyonlu,

Desikatör: Uygun büyüklükte,

Arşimet Terazisi: Yeterli kapasitede, 0,1 g hassasiyette,

Su Kabı: Uygun büyüklükte, paslanmaz malzemeden yapılmış olmalı.

Deneyde, boyutları en az 5 cm olan düzgün geometrik şekli olmayan üç adet deney numunesi kullanılır. Her bir deney numunesinin ağırlığı 350 g'dan az olmamalıdır.

Deney numuneleri bir tel fırça ile fırçalanıp yıkanıp temizlendikten sonra, içinde 20 ^{o}C ± 5 ^{o}C sıcaklıkta su bulunan uygun büyüklükte ve derinlikte bir kap içerisine, yüksekliklerinin yaklaşık ¼'üne kadar suya daldırılırlar. Bu durumda 1 saat bekletildikten sonra ½'sine kadar suya batacak şekilde su ilave edilir ve 1 saat daha bekletilir. Aynı şekilde ¾'üne kadar suya batacak şekilde aynı sıcaklık aralığında bulunan su ilave edilerek 1 saat bekletildikten sonra deney numuneleri tamamen suyun içine batacak şekilde su ilave edilir. Bu durumda 45 saat süre ile bekletilir. Bu süre içerisinde kaptaki su yüksekliğinin deney numunelerinin üzerini yaklaşık 1,5-2 cm örtecek seviyede olması sağlanmalı ve deney numuneleri üzerinde oluşacak hava kabarcıkları uygun bir yöntemle giderilmelidir. Deneyin başlangıcından itibaren 48 saat sonunda sudan çıkarılan deney numuneleri, ıslatılarak sıkılmış bir bez veya

sünger ile silinerek üzerindeki su damlaları alındıktan sonra, bekletilmeksizin 0,1 g hassasiyetle tartılır (G_d).

Deney numuneleri tekrar su içine daldırılır. Bu tartma işlemi 24 saat aralıklarla deney numuneleri değişmez kütleye gelinceye kadar tekrarlanır. Taş deney numunelerinin suya doygun hale geldiği kabul olunan bu kütlesi ile bunu izleyen 24'er saatlik ara ile bulunan kütleleri arasında %0,1'den fazla fark bulunmazsa bu kütlenin değişmez kütle olduğu kabul olunur. Bundan sonra doygun haldeki deney numuneleri Arşimet terazisinde 0,1 g hassasiyetle tartılarak, su içindeki kütleleri bulunur (G_{ds}). Daha sonra deney numuneleri değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur. Desikatör içerisinde soğutulduktan sonra 0,1 g hassasiyetle tartılarak kütlesi bulunur (G_k). Taşın kütlece su emme oranı eşitlik 4.4 ile hesaplanır. Taşın hacimce su emme oranı eşitlik 4.45 ile hesaplanır.

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} x100 \tag{4.4}$$

$$S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} x100 \tag{4.5}$$

S_k = Taşın kütlece su emme oranı (m/m, %),

S_h = Taşın hacimce su emme oranı (v/v, %),

G_d = Taşın doygun haldeki kütlesi (g),

G_k = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın kütlesi (g),

G_{ds} = Doygun haldeki taşın su içindeki kütlesi (g).

4.2.4. Mekanik Özellikler

4.2.4.1. Nokta Yük Dayanımı

Bu deney kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yük dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde de kullanılır.

Bu deney için silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli örneklerde kullanılabilir. Ayrıca, karot örneği konik yükleme başlığı altına karot eksenine dik veya paralel konumda yerleştirilebilir. Çapı kumpas ile ölçülen örnek konik uçlar arasına karotun eksenine dik yönde yerleştirilir. Konik uçlar ile örnek arasında açıklık kalmaması için pompa kullanılarak silindirik yükleme tablası yükseltilir (TS 699).

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \tag{4.6}$$

$$F = \left[\frac{D_{e(mm)}}{50}\right]^{0,45} \tag{4.7}$$

$I_{s(50)}$ = F x I_s

De = Eşdeğer çap (mm),

P= Yenilme yükü (kN),

F= Boyut düzeltme faktörü,

I_s = Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı (MPa),

$I_{s(50)}$ = Düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi (MPa).

4.2.4.2. Los Angeles Aşınma Dayanımı

Kaya numunelerinin aşınma kaybı TSE 3694 “Beton Agegalarında Aşınmaya Dayanıklılık-Aşınma Oranı Tayini Metodu” yönetmeliğine göre yapılmıştır. Deneyi yapmak için araziden getirilen blok ve moloz kaya kütleleri D sınıfına girecek şekilde (14 mm ile 12,5 mm ve 12,5 mm ile 10 mm) elek aralığında 2,5’er kg olmak üzere toplam 5 kg kırdırılmıştır.

Deney iki aşamada gerçekleşmiştir; kırılan ve değişmez kütleye kadar kurutulan numuneler, iki tarafı çelik silindir biçiminde ve iç çapı 710 mm boyu 508 mm olan kapalı silindir içinde iki rafı bulunan dakikada 30 devir yapabilen Los Angeles aşınma cihazına toplam ağırlığı 4755 g olan 10 adet çelik bilye ile birlikte konulmuştur.

500 devir sonunda çıkartılan numuneler elek aralığı 1,6 mm olan kare gözlü elekten geçecek şekilde elenmiştir, elek üzerinde kalan kısım yıkanıp kurutulduktan sonra G_{500} değeri belirlenmiş bulunan bu değer, eşitlik 4.8'de yerine yazılarak kaya birimlerinin 500 devir için aşınma kaybı bulunmuştur.

$$K_{500} = \frac{G_0 - G_{500}}{G_0} \times 100 \qquad (4.8)$$

4.2.5. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz

X-ışını tüpünden elde edilen ışınla uyarılan hiçbir ön işleme uğramamış numune daha sonra analiz bitince tekrar eski halinde değişmeksizin kalmaktadır. Dalga boyu ayırımlı cihazlarda yatay eksen genellikle 2θ cinsinden verilmekte olup, bu değer monokromatörün kristal açıklığı (tabaklar arası mesafe) bilindiği takdirde kolaylıkla dalga boyuna çevrilebilmektedir. Ardından elementlerin emisyon çizgilerini içeren çizelgedeki değerlerle karşılaştırılarak pikler belirlenmektedir (Skoog ve diğ., 1998).

4.2.6. Termal Yöntemler

4.2.6.1. Termogravimetrik Yöntemler (TG)

Termogravimetrik analizde kontrol edilen bir atmosferdeki bir numunenin kütlesi, sıcaklığın veya zamanın fonksiyonu olarak artan sıcaklığa (zamanla doğrusal olarak) karşı kaydedilmektedir. Kütlenin veya kütle yüzdesinin zamana karşı grafiği termogram veya termal bozunma eğrisi olarak adlandırılmaktadır.

Termogravimetri analizleri için kullanılan cihazlarda duyarlı bir analitik terazi, fırın, inert gaz atmosferi temin etme sistemi ve cihaz kontrolü ve veri değerlendirilmesi için mikro bilgisayar/mikro işlemci bulunmaktadır. Ayrıca deney sırasında gaz atmosferini değiştirebilmek için isteğe bağlı temin edilen başka bir gaz süpürme sistemi de bulunabilmektedir.

4.2.6.2. Diferansiyel Termal Analiz (DTA)

Diferansiyel termal analiz tekniği, numune ve referans madde arasındaki sıcaklık farkını uygulanan sıcaklığın fonksiyonu olarak incelemektedir. Genellikle sıcaklık programı uygulanırken numunenin sıcaklığı T_s zamanla doğrusal olarak artacak şekilde, numune ve referans maddesi ısıtılmaktadır. Numune ve referans madde sıcaklığı (T_r) arasındaki fark $\Delta T = T_r - T_s$ izlenerek grafikleme işlemi yapılmaktadır (Skoog ve ark., 1998).

4.2.7. Özgül Yüzey Alanı Ölçümü

-198 ºC'deki sıvı azot ortamında azot (N_2) gazı adsorpsiyonu tekniğine dayalı olarak bilgisayar donanımlı cihaz ile katıların m^2/g olarak yüzey alanları ölçülebilmektedir. Bu yöntemle özellikle katı maddelerin kendi aralarındaki kristal yapı farklılıklarının ve aynı bir maddenin farklı sıcaklıklarda ısıl işlem görmesi veya asit vb. kimyasallarla muamelesi sonucunda mikro yapılarında meydana gelen değişikliklerin incelenmesi sağlanmaktadır. Sonuçlar bilgisayar monitöründen multi-point BET yüzey alanı, single-point BET yüzey alanı ve multi-point Langmuir yüzey alanı değerleri şeklinde alınabilmektedir (Skoog ve ark., 1998).

2.7.8. Kalsinasyon Çalışmaları

Dolomit örnekleri değişik sıcaklıklarda tutularak CO_2 çıkışına bağlı olarak $CaMg(CO_3)_2$'ın MgO ve CaO'ya dönüşüm yüzdesini kütlece belirlemek amacıyla fırın öncesi ve fırın sonrası örnekler tartılarak aradaki ağırlık farkı belirlenmeye çalışılmaktadır. Analiz sonuçları ise eşitlik 4.9'a göre hesaplanmaktadır.

$$\text{Ağırlık Farkı} = \frac{C - D}{B - D} x100 \qquad (4.9)$$

D : Krozenin kütlesi (g)

B : Kroze+Deney numunesinin deneyden önceki kütlesi (g)

C : Kroze+Deney numunesinin deneyden sonraki kütlesi (g)

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Kimyasal Analiz

Dolomit örneklerinin kimyasal analizleri XRF (Siemens SRS 300 X-ray Fluoresans Spectrometer)'le yapılmış ve analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 5.1'de verilmiştir. Dolomitte bulunan safsızlıkların (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3) oranlarının oldukça düşük olması, MgO oranının %20'den fazla olması kullanım alanları ve dolayısıyla pazarlanması açısından daha avantaj yaratmaktadır.

Çizelge 5.1. Dolomit Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları (%)

Örnek Adı	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	MnO	CaO	MgO	Kızdırma Kaybı
Kızılbağ-Mersin	0,141	0,73	0,11	0,027	19,87	23,54	55,582
Çanakçı-Mersin	0,056	0,66	0,12	0,042	32,15	20,21	46,762
Alanya-Antalya	0,056	0,06	0,18	0,042	30,12	20,51	49,032

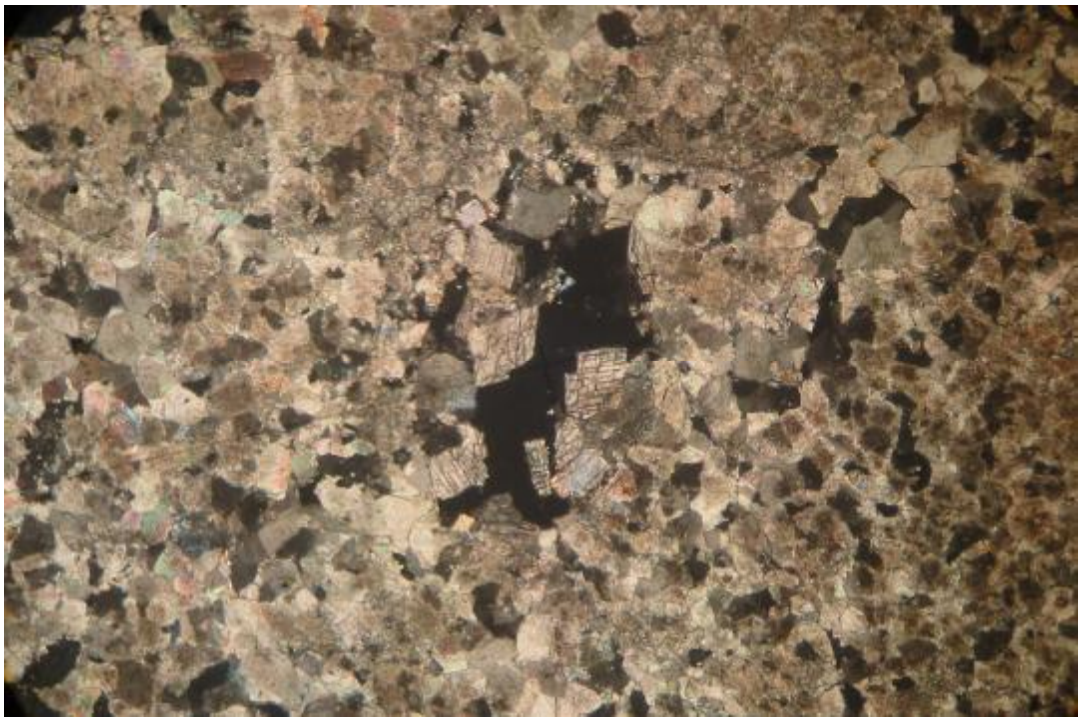
5.2. Petrografik İnceleme

Kızılbağ yöresi dolomitlerinden hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan incelemelerde, örneklerin orta-iri dolomit kristallerinden oluştuğu görülmüştür. Kesitlerde özşekilli, belirgin dilinimli, farklı iki evrede oluşmuş olan dolomit kristalleri gözlenmiştir. Opak mineral miktarının ise %1'den az olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5.1).

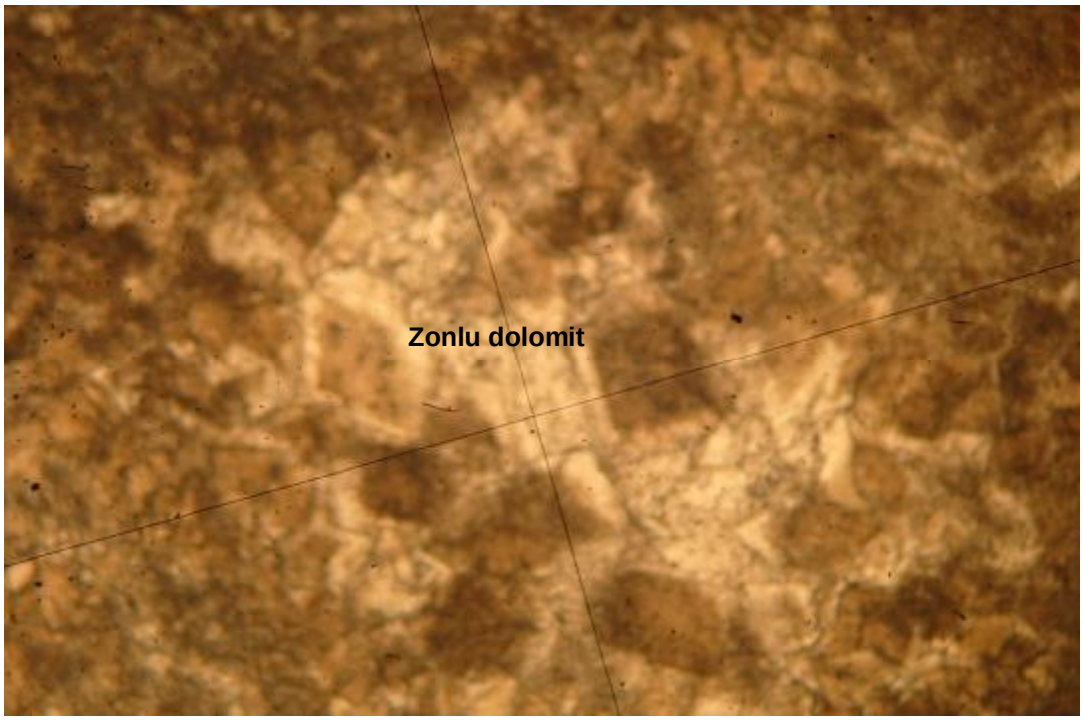
Çanakçı yöresi dolomitlerinden hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan incelemelerde, örneklerin orta-iri dolomit kristallerinden oluştuğu görülmüştür. Kesitlerde özşekilli, belirgin zonlanmalı farklı iki evrede oluşmuş olan dolomit kristalleri gözlenmiştir. Opak mineral miktarının ise %1'den az olduğu tespit edilmiş ve gözenekliliğin %1-2 arası olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.2).

Alanya yöresi dolomitlerinden hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan incelemelerde, kayacın tamamen şekersi dokulu, orta-iri dolomit kristallerinden oluştuğu görülmüştür. Kayacın dolomitleşme öncesi oolitik bir kireçtaşından türemiş olabileceği düşünülmektedir. Kesitte bazı dolomit kristallerinde dilinim yüzeyleri

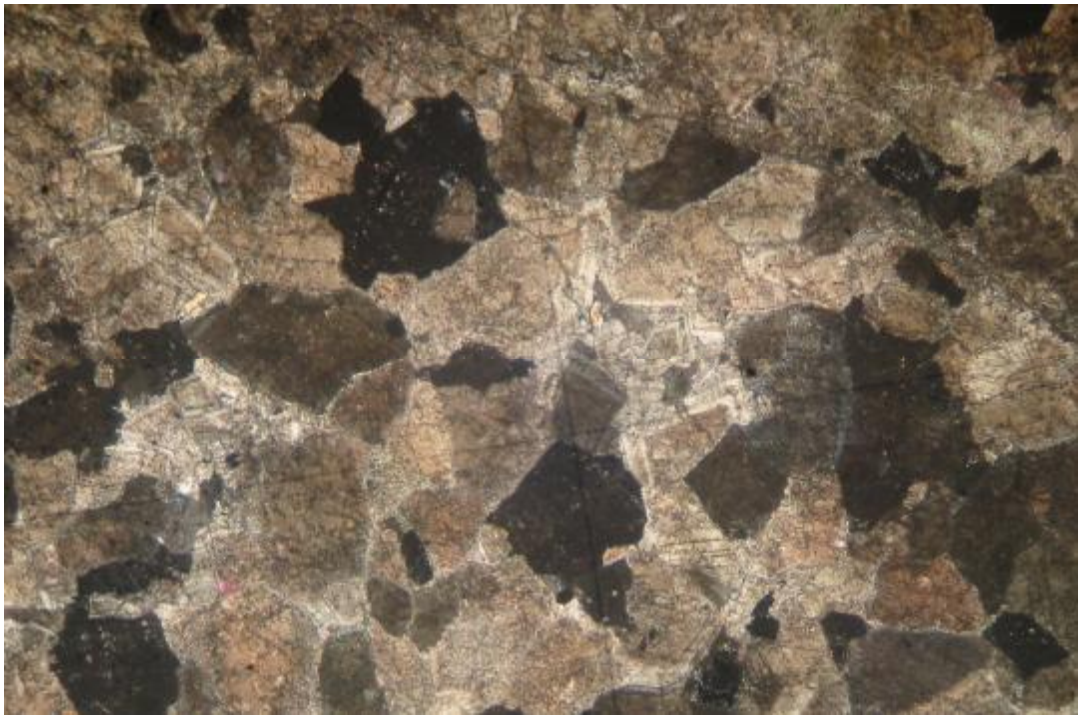
belirgindir. Opak mineral çok seyrek olup, kesit yüzeyinde %1'den azdır. Çoğunlukla kristal arası gözenek dolgusu şeklindedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.1. Orta-iri Kristalli Kızılbağ Yöresi Dolomitleri (4x10, P.I.)



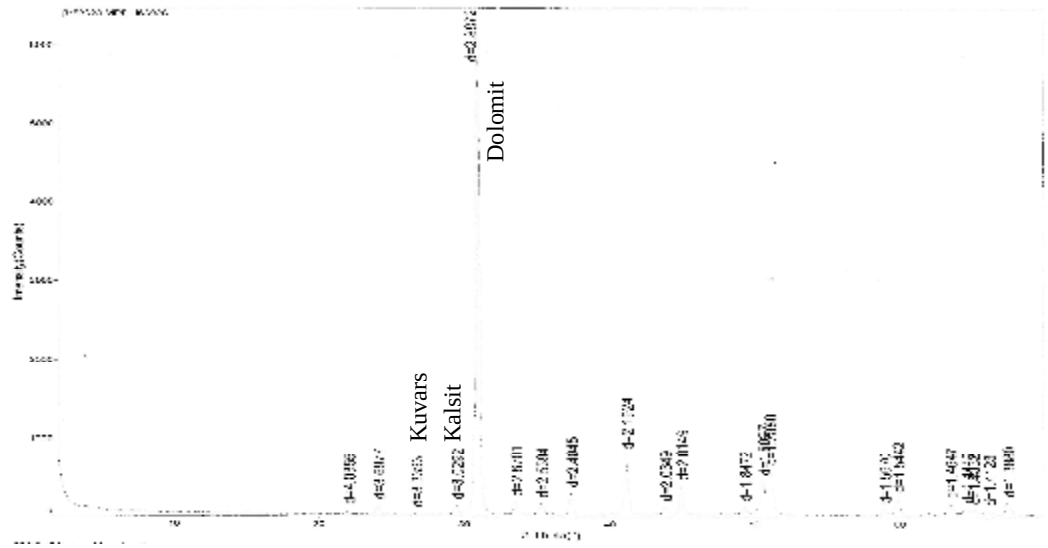
Şekil 5.2. Belirgin Zonlanmalı Çanakçı Yöresi Dolomitleri (4x10, O.I.)



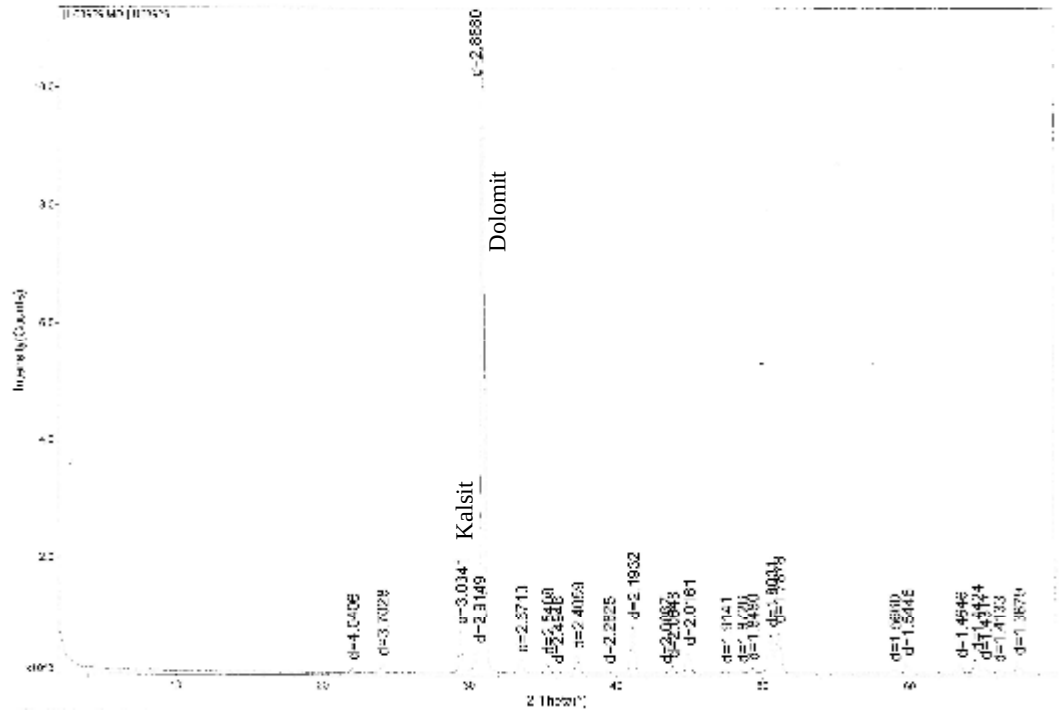
Şekil 5.3. Şekersi Dokulu Alanya Yöresi Dolomitleri (4x10, P.I)

5.3. Kalitatif Mineralojik Analiz

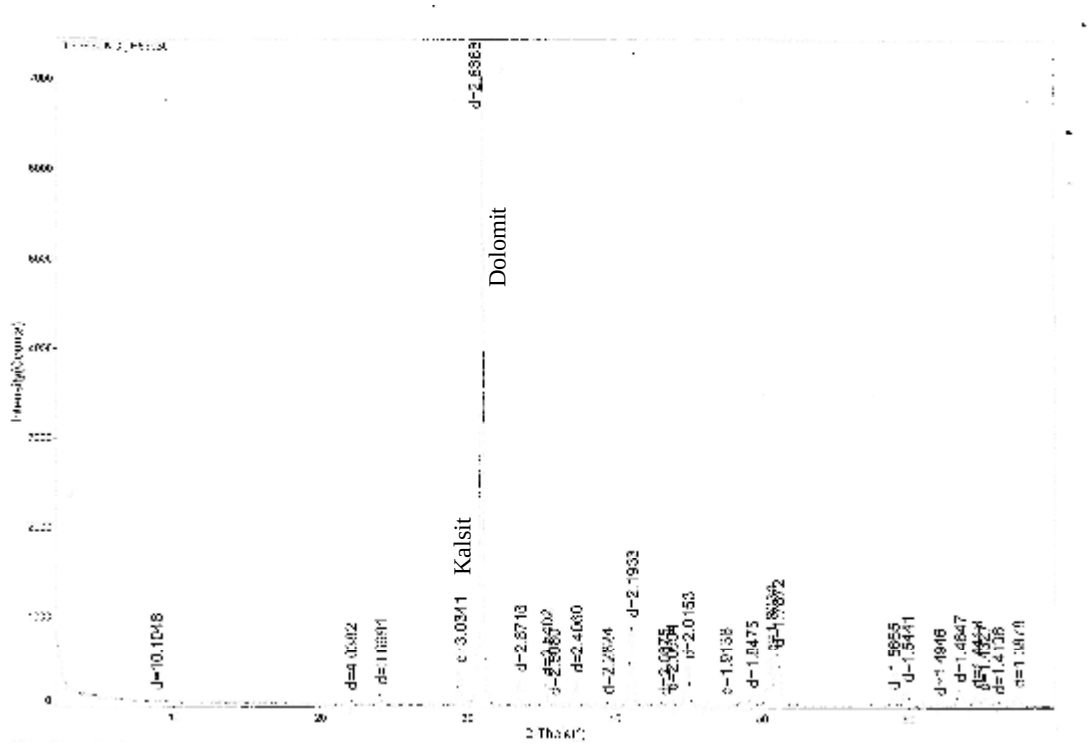
Kızılbağ, Çanakçı, Alanya yöresi dolomitlerinden alınan örnekler üzerinde MTA tarafından Rigaku DMAX III C XRD cihazı ile yapılan faz (mineralojik) analiz sonucunda dolomit örneklerinin dolomit ve kalsitten oluştuğu bünyelerinde de az miktarda kuvars bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 5.4-5.6).



Şekil 5.4. Kızılbağ Yöresi Dolomitlerine ait X-ray Difraktometre Analiz Sonucu



Şekil 5.5. Çanakçı Yöresi Dolomitlerine ait X-ray Difraktometre Analiz Sonucu



Şekil 5.6. Alanya Yöresi Dolomitlerine ait X-ray Difraktometre Analiz Sonucu

5.4. Yüzey Alanı Ölçümü

Değişik sıcaklık değerlerinde kalsine edilmiş dolomit örnekleri üzerinde Nova 2200e Quantochrome cihazı ile yüzey alanı ölçümü yapılmış ve Çizelge 5.2'de verilen sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 5.2. Dolomit Örneklerinin Yüzey Alanı Ölçümleri

Sıcaklık (°C)	Örnek Adı	Yüzey Alanı (m^2/g)
700	Kızılbağ	2,9926
	Alanya	2,7427
	Çanakçı	3,4431
800	Kızılbağ	8,1786
	Alanya	7,1196
	Çanakçı	7,2443
900	Kızılbağ	9,6948
	Alanya	9,7678
	Çanakçı	12,0913
1000	Kızılbağ	12,5377
	Alanya	11,7276
	Çanakçı	15,5256

5.5. Örneklerin Fiziko-mekanik Özellikleri

Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan dolomit örnekleri Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölüm Laboratuarları'nda birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, gözeneklilik ve ağırlıkça su emme oranı belirleme deneylerine tabii tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre uygun bağıntılar kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Dolomit Örneklerinin Fiziko-mekanik Özellikleri

Örnek Adı	Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	Özgül Ağırlık	Su Emme Oranı (Ağırlıkça) (%)	Porozite (%)	Nokta yük dayanımı σ (MPa)
Kızılbağ	2,880	2,87	0,50	2,80	3,8
Çanakçı	2,695	2,81	0,74	4,10	2,8
Alanya	2,772	2,84	0,62	2,40	4,3

Üç ayrı yerden alınan dolomit örneklerinin poroziteleri Tarhan (1989)'a göre değerlendirildiğinde orta boşluklu kaya sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 5.4). Örneklerin ortalama ağırlıkça su emme oranı TS 2513'a göre sınır değeri (<%1,80) sağladığı görülmüştür.

Çizelge 5.4. Kayaların Poroziteye Göre Sınıflandırılması (Tarhan, 1989)

Kaya Sınıfı	Porozite (%)
Çok Kompakt	<1
Az Boşluklu	1-2,5
Orta Boşluklu	2,5-5
Oldukça Boşluklu	5-10
Çok Boşluklu	10-15
Çok Fazla Boşluklu	>20

TS 1910'a göre örneklerin ağırlıkça su emme oranının (<0,75), birim hacim ağırlığının (>2,55) porozitesinin (<2) olması nedeni kaplama olarak kullanılan doğal kayaçların sahip olmaları gereken fiziksel özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir.

ASTM (C97, C170, C99, C241)'ye göre örneklerin ağırlıkça su emme oranının en fazla (<0,75) olması, birim hacim ağırlığının (>2,55) ve nokta yük direncinin (>2) olması nedeni ile doğal yapı taşı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Örnekler, orta dirençli kayaç sınıfında yer almaktadır (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.5. Kayaçların Nokta Yük Dayanımına Göre Sınıflandırılması (Bieniawski, 1975)

Kaya Sınıfı	Nokta Yük Direnci (MPa)
Çok Düşük Dirençli	<1
Düşük Dirençli	1-2
Orta Dirençli	2-4
Yüksek Dirençli	4-8
Çok Yüksek Dirençli	> 8

5.6. Los Angeles Aşınma Dayanımı

Üç ayrı araziden alınan örneklerin aşınma dayanımları bilyeli tambur adı verilen Los Angeles Aşınma cihazında yapılmıştır. 14-12,5 mm elek aralığında 2500 g, 12,5-10 mm elek aralığında 2500 g toplamda 5000 g numune bilyeli tamburun içerisine konularak 500 devir yaptırılmış, çıkartılan numunelerin 1,6 mm çaplı kare gözlü elekten eleyerek, elek üzerinde kalan kısmın ağırlığını belirlemek suretiyle olmuştur. 500 devir sonundaki aşınma miktarı 50 yıl sonundaki tahmini aşınmalarını vermektedir (Çizelge 5.6), (TSEN 1097, 2000).

Çizelge 5.6. Los Angeles Aşınma Dayanımı Deney Sonuçları

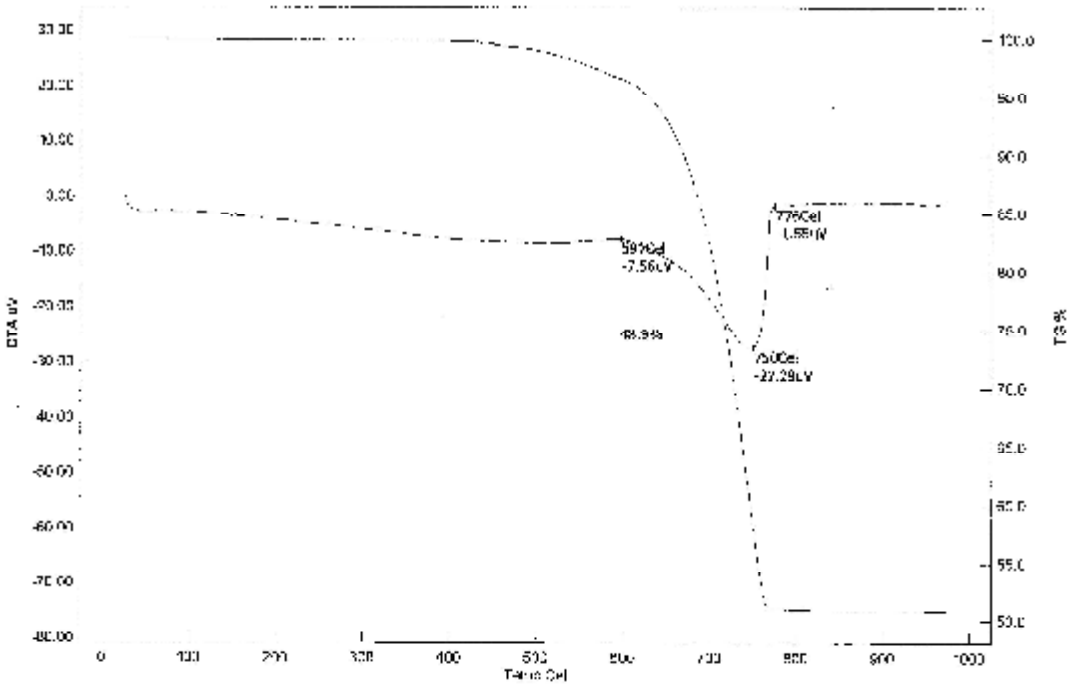
Örnek Adı	Deneyde Kullanılan Örnek Özellikleri	500 Devir Sonundaki Aşınma (%)
Kızılbağ	500 Devirde 1,6 mm elek üstü	22,552
Çanakçı		27,184
Alanya		18,586

Üç ayrı araziden alınan örneklerin 500 devir sonundaki aşınma değerleri TS EN 1097'ye göre beton agregası olarak kullanılabilecek kayaçlar için sınır değeri (<%30) sağlamaktadır. TS EN 1097'ye göre 500 devir sonraki Los Angeles aşınma değerleri, beton agregası olarak kullanılabilecek kayaçlar için sınır değeri (<%30) sağladığı belirlenmiştir.

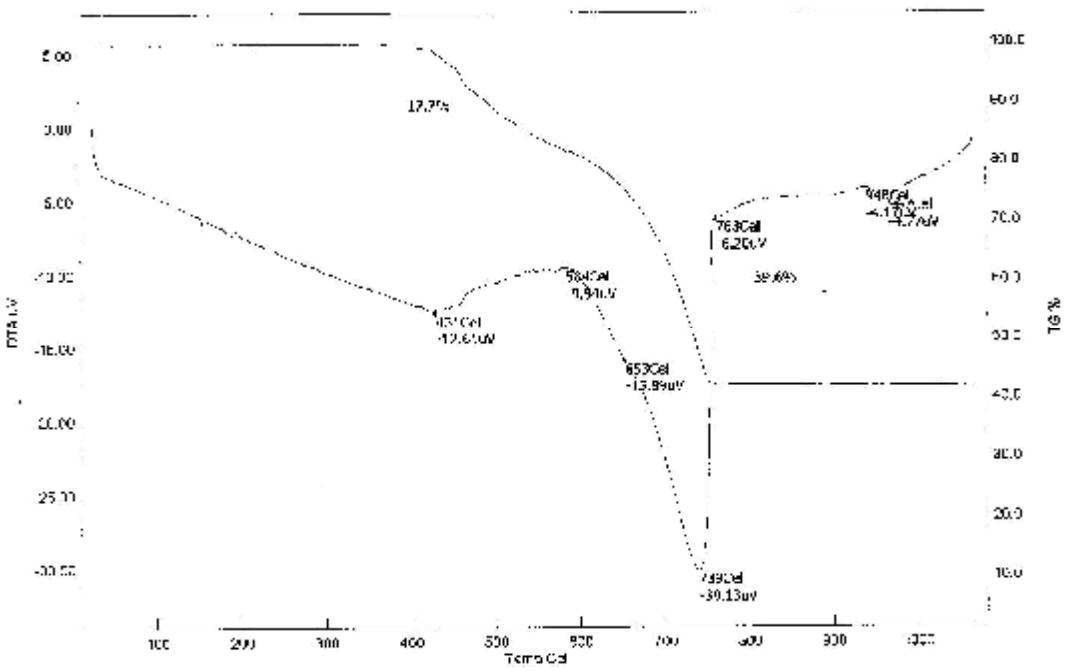
5.7. TG- DTA Analizleri

Dolomit örneklerinin sıcaklık artışı ile birlikte kaybettiği ağırlık miktarını belirlemek amacıyla gerçekleştirilen TG-DTA (Thermo-Gravimetric/Differential Thermal Analyser) Analizleri, 5 °C/dk ısıtma hızı ile maksimum 1000 °C sıcaklığa çıkılarak MTA tarafından SII Exstar 6000 TG-DTA cihazı ile gerçekleştirilmiştir.

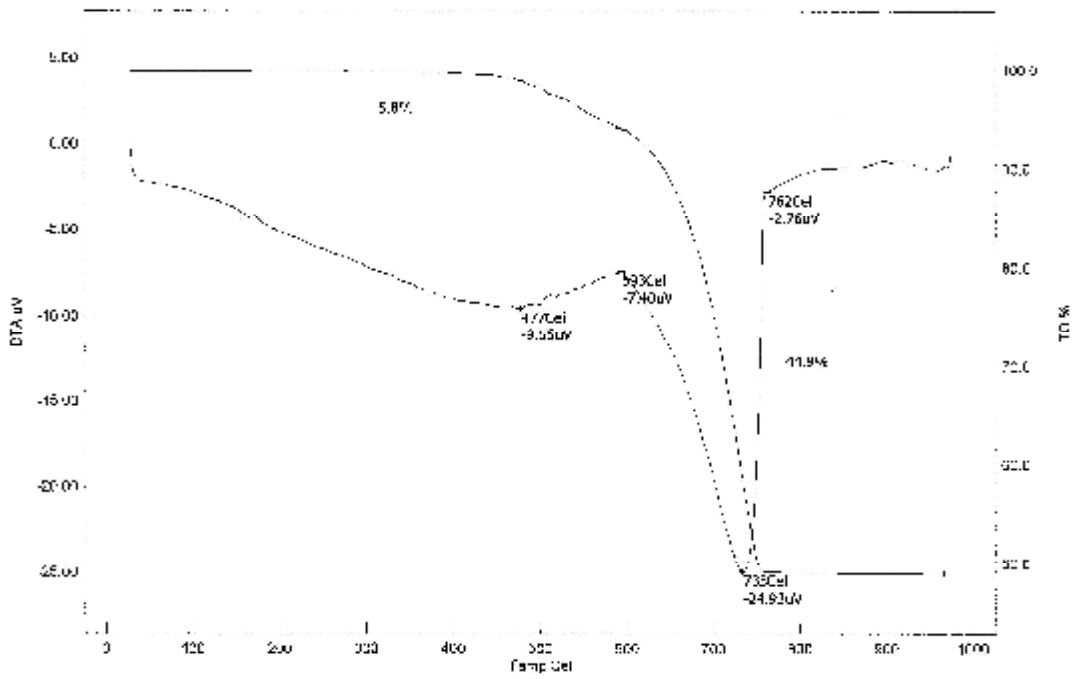
TG-DTA eğrilerinden de görüldüğü gibi 100-200 °C sıcaklık değerleri arasında örnekler bünye nemini kaybettiği için TG ve DTA eğrilerinde bir hareketlilik söz konusudur. 450 ºC civarında MgO'ya dönüşümün başladığı ve 770 ºC civarında ise tamamlandığı görülmektedir.



Şekil 5.7. Kızılbağ Dolomit Örneğinin 5 °C/dk Isıtma Hızında TG-DTA Dönüşüm Eğrisi



Şekil 5.8. Çanakçı Dolomit Örneğinin 5 °C/dk Isıtma Hızında TG-DTA Dönüşüm Eğrisi



Şekil 5.9. Alanya Dolomit Örneğinin 5 °C/dk Isıtma Hızında TG-DTA Dönüşüm Eğrisi

5.8. Kalsinasyon Çalışmaları

Ön işlem olarak 1 saat süre ile 105 °C'de etüvde tutulan -0,5 mm boyutundaki 10 gram ağırlığındaki dolomit örnekleri etüvden çıkarıldıktan sonra 60 dakika süre ile daha önce yapılan çalışmalar göz önüne alınarak (Kılıç, 2005) Nobertherm marka ısı kontrollü yüksek sıcaklık fırınında (Şekil 5.10) tutulmuş ve MgO'ya dönüşüm, ağırlık değişimleri baz alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bulunan değerler Çizelge 5.7'de verilmiştir. Dolomit örnekleri $CaCO_3$ ve $MgCO_3$'tan oluştuğu için dolomitin daha düşük sıcaklıklarda MgO'ya dönüşümü gerçekleşmesine rağmen $CaCO_3$'ten dolayı dönüşüm, 600 °C'de başlamasına rağmen 900-950 °C'de sonlanmıştır.

Farklı boyutlardaki (10x15 ve ~30x30 mm) dolomit örneklerinin değişik sıcaklık değerlerinde kirece dönüştürme çalışmaları yapılmıştır. 10x15 mm boyutundaki örnekler 1 saat, ~30x30 mm boyutundaki küp örnekler 120-135 dakika süre ile farklı sıcaklık değerlerinde pişmeye tabi tutulmuştur. CO_2 çıkması ile oluşan ağırlık kayıplarına ait analiz sonuçları ise Çizelge 5.8 ve 5.9'da verilmiştir.



Şekil 5.10. Isı Kontrollü Laboratuar Fırınında Kalsinasyon Çalışmaları

Çizelge 5.7. Kalsinasyon Analizi

Sıcaklık (°C)	Örnek	Kroze Ağırlığı	F.Ö. Dolu Ağırlık	F.S. Dolu Ağırlık	F.Ö. Net Ağırlık	F.Ö. Net Ağırlık	Değişim (%)
600	Kızılbağ	22,9970	33,0129	32,8339	10,0159	9,8369	1,79
	Alanya	22,2035	32,347	32,0009	10,1435	9,7974	3,41
	Çanakçı	25,6951	35,7871	35,0545	10,0920	9,3594	7,26
650	Kızılbağ	22,9970	33,1158	32,8112	10,1188	9,8142	3,01
	Alanya	22,2035	32,3244	31,9055	10,1209	9,702	4,14
	Çanakçı	25,6951	35,8231	35,0582	10,1280	9,3631	7,55
700	Kızılbağ	22,9970	33,2448	32,5290	10,2478	9,532	6,98
	Alanya	22,2035	32,2530	31,0765	10,0495	8,873	11,71
	Çanakçı	25,6951	35,9236	34,4442	10,2285	8,7491	14,46
750	Kızılbağ	22,9970	33,1700	31,3587	10,1730	8,3617	17,80
	Alanya	22,2035	32,4513	30,4438	10,2478	8,2403	19,59
	Çanakçı	25,6951	35,7910	33,6232	10,0959	7,9281	21,47
800	Kızılbağ	22,9970	33,1868	30,5560	10,1898	7,5590	25,82
	Alanya	22,2035	32,4633	29,6629	10,2598	7,4594	27,29
	Çanakçı	25,6951	35,8373	33,1486	10,1458	7,4535	26,54
850	Kızılbağ	22,9970	33,0936	29,5764	10,0966	6,5794	34,84
	Alanya	22,2035	32,5591	28,8041	10,3556	6,6006	36,26
	Çanakçı	25,6951	35,8447	32,0629	10,1496	6,3678	37,26
900	Kızılbağ	22,9970	33,2251	28,4293	10,2281	5,4323	46,89
	Alanya	22,2035	32,5991	27,6779	10,3956	5,4744	47,34
	Çanakçı	25,6951	35,8951	31,0732	10,2000	5,3781	47,27
950	Kızılbağ	22,9970	33,1802	28,3724	10,1832	5,3754	47,21
	Alanya	22,2035	32,2565	27,4888	10,0530	5,2853	47,43
	Çanakçı	25,6951	35,9097	31,0652	10,2146	5,3701	47,43
1000	Kızılbağ	22,9970	33,3850	28,4788	10,3880	5,4818	47,23
	Alanya	22,2035	32,3500	27,5387	10,1465	5,3352	47,42
	Çanakçı	25,6951	35,8369	31,0189	10,1418	5,3238	47,51

F.Ö.: Fırın Öncesi, F.S.: Fırın Sonrası

Çizelge 5.8. Kalsinasyon Analizi (1,5 cm boyutu)

Sıcaklık (°C)	Numune	Kroze Ağırlığı	F.Ö. Dolu Ağırlık	F.S. Dolu Ağırlık	F.Ö. Net Ağırlık	F.S. Net Ağırlık	Değişim (%)
900	Kızılbağ	33,6131	38,5201	36,2022	4,9070	2,5891	47,28
	Alanya	31,8909	37,129	34,6573	5,2381	2,7664	46,78
	Çanakçı	31,2415	35,4545	33,4539	4,2130	2,2124	47,34
950	Kızılbağ	32,8859	38,2232	35,7073	5,3373	2,8214	47,31
	Alanya	29,9261	34,3743	32,2730	4,4482	2,3469	47,51
	Çanakçı	32,4357	36,0596	34,3491	3,6239	1,9134	47,53
1000	Kızılbağ	31,8870	36,5016	34,3318	4,6146	2,4448	47,53
	Alanya	31,2405	35,4433	33,4553	4,2028	2,2148	47,58
	Çanakçı	33,6126	38,4040	36,1365	4,7914	2,5239	47,41

F.Ö.: Fırın Öncesi, F.S.: Fırın Sonrası

Çizelge 5.9. Kalsinasyon Analizi (3 cm boyutu)

Sıcaklık (°C)	Numune	Kroze Ağırlığı	F.Ö. Dolu Ağırlık	F. S.Dolu Ağırlık	F. Ö. Net Ağırlık	F. S. Net Ağırlık	Değişim (%)
900	Kızılbağ	29,9153	78,4807	73,3427	48,5654	43,5654	46,89
	Alanya	32,9942	51,1900	60,5012	18,1958	27,5070	47,34
	Çanakçı	31,9038	84,5004	47,3187	52,5966	15,4149	46,27
950	Kızılbağ	31,2509	100,2859	84,3536	69,0350	53,1027	47,21
	Alanya	32,4462	51,0562	59,2112	18,6100	26,7650	47,71
	Çanakçı	29,9295	95,9943	80,4736	66,0648	50,5441	47,13
1000	Kızılbağ	33,6230	73,3290	72,2395	39,7060	38,6165	47,63
	Alanya	31,6178	48,9623	57,4363	17,3445	25,8185	47,82
	Çanakçı	29,9437	80,5685	72,1553	50,6248	42,2116	47,61

F.Ö.: Fırın Öncesi, F.S.: Fırın Sonrası

Dolomit örnekleri $CaCO_3$ ve $MgCO_3$'tan oluştuğu için dolomitin daha düşük sıcaklıklarda MgO'ya dönüşümü gerçekleşmesine rağmen $CaCO_3$'ten dolayı dönüşüm, 900-950 °C'de gerçekleşmiştir (Çizelge 5.7).

Farklı boyutlardaki (10x15 mm ve ~30x30 mm) dolomit örneklerinin kalsinasyonunda da CaO ve MgO'ya dönüşüm, örnek boyutununun -0,5 mm'den 10x15 ve ~30x30 mm'ye değişmesine rağmen kalsinasyon için seçilen sürenin uygun olmasından dolayı 950 °C'de tamamlanmıştır (Çizelge 5.8-5.9).

6. SONUÇLAR

Alanya, Çanakçı ve Kızılbağ yöresi dolomitlerinden patlatma sonrasında blok numuneler alınmış ve bu numuneler üzerinde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarına göre ortalama olarak yatağı temsil eden dolomit örnekleri seçilerek, petrografik, kalitatif mineralojik analiz, yüzey alanı ölçümleri, TG-DTA analizleri ve kalsinasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla hazırlanmış ve deneylerde kullanılmıştır.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre incelenen dolomit örneklerinin MgO oranının %20'den fazla olması, dolomit örneklerinin Folk (1959)'a göre dolomitik kireçtaşı olduğunu göstermektedir. Petrografik incelemeler de, incelenen örneklerin öz şekilli dolomit kristallerinden yapılı olduğunu ve dolomit örneklerinin dolomit ve kalsitten oluştuğunu bünyelerinde de az miktarda kuvars bulunduğunu ve opak mineral miktarının ise %1'den az olduğunu göstermiştir.

Demir-çelik sektöründe kullanılan dolomitlerde, MgO'in en az %18, CaO'in en fazla %30, SiO_2+Al_2O_3'in en fazla %5,5 ve kükürtün en fazla %0,5 oranlarında olması gerekmektedir. Şişe ve cam endüstrisinde kullanılan dolomitlerde ise, MgO en az %19, CaO en fazla %34, SiO_2+Al_2O_3 en fazla %2,82 ve kükürt en fazla %0,92 oranlarında olması gerekmektedir. Refrakter olarak kullanılan dolomitlerde MgO'in en az %18, CaO'in en fazla %30 ve SiO_2+Al_2O_3'in en fazla %7 oranlarında olması gerekmektedir. Kimyasal analiz sonuçlarına göre incelenen dolomitlerin demir-çelik, cam ve refrakter endüstrilerince kullanımının uygun olduğu söylenebilmektedir.

Dolomit örneklerinin fiziko-mekanik özellikleri göz önüne alındığında ağırlıkça su emme oranının (<0,75), birim hacim ağırlığının (>2,55) porozitesinin (<2), nokta yük direncinin (>2) olması örneklerin kaplama olarak kullanılabileceğini; Los Angeles aşınma değerleri ise beton agregası olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir.

TG-DTA analiz sonuçlarına göre dolomitin MgO'ya dönüşümünün ~700 °C'de olması nedeni ile kalsinasyon çalışmalarının da daha düşük sıcaklık değerlerinde sonlanacağı düşünülmüş; ancak, yüzey alanı belirleme deneyleri de göz önüne alındığında dolomit örneklerinin kalsine edileceği sıcaklık değerlerinin daha

yüksek olması gerektiği görülmüştür. Kalsinasyon çalışmaları sırasında normal atmosfer şartlarında dolomitin daha düşük sıcaklıklarda MgO'ya dönüşümünün (kalsinasyon) gerçekleşmesi beklenmesine rağmen dolomitin $CaCO_3$ ve $MgCO_3$'tan oluşması nedeni ile 950-1000 °C'de kalsine olduğu yapılan tartımlarla belirlenmiştir.

~10x15 mm boyutundaki örneklerin kalsinasyonu için 1 saat, ~30x30 mm boyutundaki küp örneklerinin kalsinasyonu için 120-135 dakika sürenin 950-1000 °C sıcaklıkta MgO ve CaO'ya dönüşüm için gerekli olduğu belirlenmiştir.

Kalsinasyon deneyleri sonucunda dolomit örneklerinin dolomitik kireç üretimi ve demir-çelik tesislerinin kullanımına uygun özellikte oldukları belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

AKARSU, H., 2004. İçel-Yavca Dolomitlerinden Yüksek İçerikli MgO Üretim Koşullarının Araştırılması, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, s. 130, Adana.

ARİFOĞLU, A., ERSOY-MERİÇBOYU, A., 2003. Doğal kireçtaşları ve Dolomitlerin Aktivasyonu, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul.

AZBE, V. J.,1939. ASTM Symposium on Lime, p. 15, (Kaynak Boynton R.S).

AZBE, V. J.,1944. Rock Prod., p. 68, (Kaynak Boynton R.S).

BATHURST, R.G.C., 1971. Carbonate Sediments and Their Diagenesis, Elsevier Publishing Company, Amsterdam, pp. 238-239.

BETECHTIN,A.G., 1975. Deutsche Redaktion; Lautwein, H.F. Sommer, M., Prescher H., Tölle, H., Lahrbuch der Speziellen Mineralogie, Portaverlag, München, pp. 346-356.

BIENIAWSKI, Z.T., 1975. The Point-Load Test in Geotechnical Practice. Engineering Geology 9: M 1pp.

BİLGİN, A.Z., UĞUZ, M.F., METİN,S., KAR, H., ELİBOL, E., 1994. Karaman-Hadım Dolayının Jeolojisi: MTA Derl.Rap.No:9722, Ankara.

BOYNTON, R.S., 1980. Chemistry and Technology of Lime and Limestone, John Wiley and Sons., Inc., Second Edition, New York, pp. 7-190.

DEER, W.A., 1962. Howie, R.A., Zussman, J., Rosk Forming Minerals, Vol. 5, Non Silicates, Longman Group Ltd., London, pp. (230-288).

DEMİRTAŞLI, E., 1983. Final Report of the Local Geological Investigations for the Akkuyu Nuclear Power Plant Site, Gülnar-Mersin: Unpublished, MTA Report, Ankara.

DEMİRTAŞLI, E., 1986. Final Report of the Tectonic Investigations of the Region between Akkuyu Nuclear Power Plant site, Mut Basin, Bolkar Mountains Area, Adana Basin, Misis Mountains and İskenderun Basin: unpublished, MTA Report, Ankara.

DPT, 1995. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, Cilt-2, Eylül.

DPT, 1996. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu, Cilt-2, Ankara.

DPT, 2008. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007/2013), Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler Özel İhtisas Komisyonu Raporu Cilt 1 DPT: 2773-ÖİK: 703, Ankara.

DUNHAM, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks: A.A.P.G. memoir l, 108-121.

ENGLER, P., SANTANA, M.W., MITTLEMAN, M.L., BALAZS, D.,1989. Non-isothermal, in situ XRD Analysis of Dolomite Decomposition,U.S.A.

ERKAN, Y., 1978. Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmeleri, Cihan Matbaası, Ankara,150s.

FOLK, R.L., 1959. Practical Petrographie Classification of Limestones: A.A.P.G. Bull., 43, 1-38.

-, 1962. Spectral Subdivision of Limestones Types. Classification of Carbonate Rocks: A.A.P.G. memoir l, 33-62.

FOLK, R.L., WEAWER, C.E., 1952. A Study of the Texture on Composition of Chert: Am. Jour. Sci., 250, 498-510.

FOSTER, R.S.,1946. M.I.T. Research Report to the National Lime Association, (Kaynak Boynton R.S).

GEDİK, A., BİLGİLİ, Ş., YILMAZ, H., YOLDAŞ, R., 1979. Mut-Ermenek-Silifke Yöresinin Jeolojisi ve Petrol Olanakları: TJK Bült., C.22, 7-26.

GEDİKOĞLU, E., 1994. Kireçtaşı ve Dolomitlerin Termal Bozunma Kinetiğinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

GOLDSMITH, J.R., NEWTON, R.C., 1969. Am. J. Sci. 267A, 160.

GÜÇLÜ, K.,1987. Kireçtaşı ve Dolomit İlavelerinin Sinter Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, İstanbul.

HARBEN, P., 1995. Industrial Minerals Handybook. 2nd Edition, Industrial Minerals Information Ltd., London, pp.36-43.

HEDIN, R., 1954. Changes Occurring in the Limestone During Heating Before Calcination, Swed. Cem Conc. Res. Inst. Bull., 23, p. 34.

HEDIN, R., 1961. Investigation of the Lime Burning Processes. Swed. Cem. Conc. Res. Inst. Bull., 32, 1960. Condensation in "Structurel Processes in the Dissociation of $CaCO_3$" (Azbe Award No. 2, Nat. Lime Ass. Bull).

JOHNSTON, J., 1910. J. Amer . Chem. Soc., Vol 32, p. 938, (Kaynak Boynton R.S).

KARAAYTU, E.C., 2004. İçel-Erdemli-Esenpınar Dolomitlerinin Liç Koşullarının İncelenmesi, Bitirme Ödevi, Ç.Ü., MMF., Maden Mühendisliği Bölümü, Adana.

KILIÇ, Ö., 2005. Klasik Eberhart Tipi Kireç Fırınları ile Paralel Akışlı Maerz Fırınlarındaki Kalsinasyon Parametrelerinin Karşılaştırılması ve Çukurova Bölgesi Kireçtaşları Üzerine Uygulamalar, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 171, Adana.

KRAUS, E.H., 1959. Minerology and Introduction to the study of minerals and Crystals, New York, pp. 325-351.

KRUMBEIN, W.C., SLOSS, L.L., 1963. Stratigraphy and Sedimentation. In: (2nd ed.), W.H. Freeman and Co., San Francisco, p. 660.

KUŞCU, M., CENGİZ, O., BOZCU, A., 2001. Menteşe (İsparta) Dolomitlerinin Endüstriyel Hammadde Özelliklerinin Araştırılması, SDÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, Isparta.

LEIGHTON, M.W., PENDEXTER, C., 1962. Carbonate Rock Types, in Ham, W.E., ed., Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, p. 33-61.

MARC M., SIMEK, J., 1913. Z. Anorg. Chem., Vol. 82, p. 17, (Kaynak Boynton R.S, 1980).

MAYER, R., STOWE, R.,1964. Physical Characterization of Limestone and Lime, National LimeAssociation, (Kaynak Boynton R.S).

MIGEM, 1999. Maden İşleri Genel Müdürlüğü Verileri, Ankara.

MTA, 2006. Maden ve Enerji Kaynakları, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

MURRAY, J.A., 1954. J Amer. Ceram. Soc., 37, No. 7, pp. 323-328, (Kaynak Boynton R.S, 1980).

OTHMER, K., 1978. Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 14, Third Edition, John Wiley and Sons, Newyork, pp. 343-381.

ÖNEM, Y., 1996. Sanayi Madenleri: Tanımlar, Doğada Bulunuşları, Dünya ve Türkiye Rezervleri, Yıllık Üretimleri, İhraç ve İthal Miktarları; Kozan Ofset, Ankara

ÖNER, F., TAŞLI, K.,1999. Aydıncık İçel Yöresindeki Jura-Erken Kratese Yaşlı Dolomitlerin Hammadde Potansiyeli, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A, Yer Bilimleri, S. 13-18, Aralık.

SPINOLO, G., 1989. U. Anselmi-Tamburini, Solid State Ionics 32–33, 413.

QIANG LI, M., MESSING, G. L., 1983. Chloride Salt Effects on the Decomposition of Dolomite, Thermochimica Acta, Volume 68, Issue 1, Pages 1-8.

QIANG LI, M., MESSING, G. L., 1984. Fluoride Salt Effects on the Decomposition of dolomite, Thermochimica Acta, Volume 78, Issues 1-3, Pages 9-16.

TARHAN, F., 1989. Mühendislik Jeolojisi Prensipleri. Genel Yayın No:145, KTÜ, Trabzon.

TEMUR, S., 2001. Endüstriyel Hammaddeler, Çizgi Kitabevi, 3. Baskı, Konya.

TS, 1991 b. Mermer, Kalsiyum Karbonat Bileşimli Yapı ve Kaplamataşı olarak kullanılan; GTİP-2515.11, 2515.12, UDK-691: 214.8, 8 s.

TS EN 1097, 2000. Beton Agregaları, 2 Nisan, Ankara.

ULU, Ü., 1983. Sugözü-Gazipaşa (Antalya) Alanının Jeoloji İncelemesi: TMMOB Jeol.Müh.Odası Yayını, 16, 3-7.

ULU, Ü., 1998. İçel ve Civarının Jeolojisi, MTA Rap. No: 12.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY MINERALS YEARBOOK, 2004.

www. İMMİB.gov.tr

YAKUT, E., 2001. İzmir İli Çevresindeki Kireçtaşlarının Mühendislik Özellikleri ve Kullanım Alanlarının Araştırılması. D.E.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

YETİŞ, C., ANIL, M., 2005. Nur Kireç Ltd Şti Tarafından Kireç Üretimine İlişkin Kalker Ocağında (Çokçapınar Köyü Alişandağı Mevkii/Ceyhan) Genişleme Talebi İçindeki Kireçtaşı-Dolomit Ayrımının Yapılması. Tübitak , Adana Üniversite-Sanayiş Ortak Araştırma Merkezi, Teknik Rapor, 55 s., Adana.

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Adana'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ceyhan'da tamamladı. 2002 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2007 yılında mezun oldu. 2007 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.