

**EMİRDAĞ KİREÇTAŞLARININ HAMMADDE
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Velit Orçun TÜRKSÖY

DANIŞMAN

Yrd. Doç Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

EYLÜL 2010

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EMİRDAĞ KİREÇTAŞLARININ HAMMADDE
ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Velit Orçun TÜRKSÖY

DANIŞMAN

Yrd. Doç Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

EYLÜL 2010

ONAY SAYFASI

Sayın Yrd. Doç Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK danışmanlığında,

Velit Orçun Türksoy tarafından hazırlanan “Emirdağ Kireçtaşlarının Hammadde Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı bu çalışma lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca

08/06/2010

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı, SOYADI

İmza

Başkan Prof. Dr. Eyüp SABAH

Üye Doç. Dr. Özen KILIÇ

Üye Yrd. Doç. Dr. M. Yavuz ÇELİK (Danışman)

Üye

Üye

Üye

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../...../ tarih ve

.....sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Rıdvan ÜNAL

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı	1
1.2 Önceki Çalışmalar	1

2. KİREÇTAŞLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE KULLANIMI

2.1 Kireçtaşı Türleri ve Mineralleri	5
2.1.1 Kireçtaşlarının Sınıflandırılması	5
2.1.1.1 Kireçtaşlarının Mineralojik İçeriklerine Göre Sınıflandırılması	5
2.1.1.2 Kireçtaşlarının Tane Boyutuna Göre Sınıflandırılması	6
2.1.1.3 Kireçtaşlarının Kompozisyona Göre Sınıflandırılması	6
2.1.1.4 Kireçtaşlarının Dokuya Göre Sınıflandırılması	7
2.1.1.5 Kireçtaşlarının Kimyasal İçeriğe Göre Sınıflandırılması	8
2.1.2 Kireçtaşı Oluşturan Mineraller	9
2.1.3 Kalsitik Kireçtaşlarının Oluşumu ve Özellikleri	12
2.1.4 Dolomitik Kireçtaşlarının Oluşumu ve Özellikleri	13
2.2 Kireçtaşlarının Kullanım Alanları	15
2.2.1 Kalsitik Kireçtaşlarının Kullanım Alanları	16
2.2.1.1 Kalsitik Kireçtaşlarının Betonda Kullanımı	16
2.2.1.2 Kalsitik Kireçtaşlarının Yol Yapımında Kullanımı	17
2.2.1.3 Kalsitik Kireçtaşlarının Çimento Hammaddesi Olarak Kullanımı	17
2.2.1.4 Kalsitik Kireçtaşlarının Kâğıt Hammaddesi Olarak Kullanımı	18

2.2.1.5 Kalsitik Kireçtaşlarının Boya Hammaddesi	
Olarak Kullanımı	19
2.2.1.6 Kalsitik Kireçtaşlarının Plastik Sektöründe Kullanımı	19
2.2.1.7 Kalsitik Kireçtaşlarının Gıda ve Tavuk Yemi	
Sektöründe Kullanımı	20
2.2.1.8 Kalsitik Kireçtaşlarının Seramik Sektöründe Kullanımı	20
2.2.1.9 Kalsitik Kireçtaşlarının Kireç Üretiminde Kullanımı	21
2.2.2 Dolomitik Kireçtaşlarının Kullanım Alanları	21
2.2.2.1 Dolomitik Kireçtaşlarının Yol Yapımı ve Beton	
Üretiminde Kullanımı	22
2.2.2.2 Dolomitik Kireçtaşlarının Metalurji ve Paslanmaz Çelik	
Sektöründe Kullanımı	23
2.2.2.3 Dolomitik Kireçtaşlarının Çimento Sektöründe Kullanımı	24
2.2.2.4 Dolomitik Kireçtaşlarının Cam Üretiminde Kullanımı	24
2.2.2.5 Dolomitik Kireçtaşlarının Refrakter Malzeme	
Üretiminde Kullanımı	25
2.3 Kireç Üretimi ve Teknolojik Özellikleri	26
2.3.1 Kireç Üretim Yöntemleri	26
2.3.1.1 Yamaç Ocaklarında Kireç Üretimi	26
2.3.1.2 Karışık Beslemeli Fırınlarda Kireç Üretimi	27
2.3.1.3 Hoffmann Horizontal Ring Fırınlarda Kireç Üretimi	28
2.3.1.4 Döner Fırınlarda Kireç Üretimi	29
2.3.1.5 Dikey Şaftlı ve Eberhart Tipi Fırınlarda Kireç Üretim	30
2.3.1.6 Paralel Akışlı Maerz Fırınlarda Kireç Üretim	31
2.3.2 Kireç Üretimi İçin Kullanılacak Kireçtaşlarında Aranan Özellikler	34
2.4 Cam Üretimi	35
2.4.1 Cam Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	35
2.4.1.1 Kuvars	36
2.4.1.2 Soda	36
2.4.1.3 Kireçtaşı	37
2.4.1.4 Dolomit	37
2.4.1.5 Sodyum Feldspat (Albit)	38
2.4.2 Harmanlama	38

2.4.3 Ergitme	39
2.4.3.1 Potalar	40
2.4.3.2 Havuz Fırın	41
2.4.3.3 Reverber Tipi Fırımlar	41
2.4.3.4 Sürekli Ergitme Tankları	42
2.4.4 Saflaştırma	42
2.4.5 Tavlama	43
2.5 Camın Teknik Özellikleri	43
2.6 Cam Üretimi İçin Kullanılacak Dolomitlerde Aranacak Özellikler	45
3. MATERYAL ve YÖNTEM	46
3.1 Materyal	46
3.1.1 Çalışma Alanının Konumu	46
3.1.2 Çalışma Alanının Jeolojisi	47
3.1.2.1 Mesozoyik Birimler (Emirdağ Grubu)	48
3.1.2.2 Kalsitik Kireçtaşı Alanının Jeolojisi	48
3.1.2.3 Dolomitik Kireçtaşı Alanının Jeolojisi	50
3.1.3 Örneklerin Alınması	52
3.2 Yöntem	54
3.2.1 Numunelerin Hazırlanması	54
3.2.2 Mineralojik ve Petrografik Analizler	56
3.2.2.1 Polarizan Mikroskop ile Minerolojik ve Petrografik özelliklerin İncelenmesi	57
3.2.2.2 XRD Yöntemi ile Minerolojik Özelliklerin İncelenmesi	58
3.2.2.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mineralojik Özelliklerin İncelenmesi	59
3.2.3 Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi	59
3.2.3.1 Kimyasal Analiz	59
3.2.4 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	60
3.2.4.1 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Tayini	60
3.2.4.2 Özgül Ağırlık Tayini	61
3.2.4.3 Görünür Yoğunluk Tayini	62
3.2.4.4 Görünür Hacim Tayini	63

3.2.4.5 Açık Gözeneklilik Tayini	63
3.2.4.6 Açık Gözenek Hacmi Tayini	64
3.2.4.7 Toplam Gözeneklilik Tayini	64
3.2.4.8 Ultra Ses Geçiş Hızı Tayini	65
3.2.5 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	67
3.2.5.1 Sürtünme İle Aşınma Kaybı Tayini	67
3.2.5.2 Schmidt Darbe Çekici ile Yüzey Sertlik Endeksi Belirleme	68
3.2.5.3 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini	70
3.2.5.4 Sabit Moment Altında Eğilme Dayanımı Tayini	71
3.2.5.5 Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanım Tayini	72
3.2.6 Kalsitik Kireçtaşlarının Kireç Hammaddesi	
Olarak Özelliklerinin İncelenmesi	74
3.2.6.1 Kireçtaşı Numunelerinin Kalsinasyon ve Hidratasyonu	74
3.2.6.2 Aktif Kireç Tayini	74
3.2.6.3 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde	
SiO ₂ Dahil Asitte Çözülme Madde Tayini	75
3.2.6.4 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde	
Toplam CaO ve MgO Tayini	75
3.2.6.5 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde	
SO ₃ (Kükürt trioksit) Tayini	76
3.2.6.6 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde R ₂ O ₃ Tayini	76
3.2.6.7 Sönmüş Kireçlerde Serbest Su (Nem) Tayini	77
3.2.6.8 Sönmüş Kireçlerde İşlenebilirlik Tayini (Penetrasyon)	78
3.2.6.9 Sönmemiş Kireçlerde Reaktivite Tayini	78
3.2.6.10 Sönmemiş Kireçlerde Verim Tayini	79
3.2.6.11 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde	
Hacim Değişmezliği Tayini	79
3.2.6.12 Sönmüş Kireçlerde Yığın Yoğunluğu Tayini	80
3.2.6.13 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde CO ₂ Tayini	81
3.2.6.14 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Hava Muhtevası Tayini	82
4. DENEYSEL BULGULAR	84
4.1 Mineralojik ve Petrografik Analizler	84

4.1.1 Kalsitik Kireçtaşlarının Minerolojik ve Petrografik Özelliklerin İncelenmesi	84
4.1.2 Dolomitik Kireçtaşlarının Minerolojik ve Petrografik Özelliklerin İncelenmesi	88
4.2 Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi	91
4.2.1 Kimyasal Analiz	91
4.3 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi	93
4.3.1 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Tayini	93
4.3.2 Özgül Ağırlık Tayini	95
4.3.3 Görünür Yoğunluk Tayini	95
4.3.4 Görünür Hacim Tayini	98
4.3.5 Açık Gözeneklilik Tayini	99
4.3.6 Toplam Gözeneklilik Tayini	100
4.3.7 Ultra Ses Geçiş Hızı Tayini	103
4.4 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi	105
4.4.1 Sürtünme ile Aşınma Kaybı Tayini	105
4.4.2 Schmitd Darbe Çekici İle Yüzey Sertlik Tayini	108
4.4.3 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini	109
4.4.4 Sabit Moment Altında Eğilme Dayanım Tayini	113
4.4.5 Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanım Tayini	116
4.4.6 Don Sonrası Tek Eksenli Basınç Dayanım Tayini	119
4.4.7 Don Sonrası Sabit Moment Altında Eğilme Dayanımı Tayini	121
4.4.8 Don Sonrası Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanımı Tayini	123
4.5 Fiziksek ve Mekanik Testlerin Korelasyon Analizi	126
4.6 Kalsitik Kireçtaşlarında Kireç Kalitesinin Belirlenmesi	131
4.6.1 Aktif Kireç Tayini	131
4.6.2 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde SiO ₂ Dahil Asitte Çözölmeyen Madde Tayini	132
4.6.3 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Toplam CaO ve MgO Tayini	132
4.6.4 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde SO ₃ (Kükürt trioksit) Tayini	133
4.6.5 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde R ₂ O ₃ Tayini	133
4.6.6 Sönmüş Kireçlerde Serbest Su (nem) ve İncelik Tayini	134
4.6.7 Sönmüş Kireçlerde İşlenebilirlik Tayini (Penetrasyon Değeri)	134

4.6.8 Sönmemiş Kireçlerde Reaktivite Tayini	135
4.6.9 Sönmemiş Kireçlerde Verim Tayini	136
4.6.10 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Hacim Değişmezliği Tayini	137
4.6.11 Sönmüş Kireçlerde Yığın Yoğunluğu Tayini	137
4.6.12 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde CO ₂ Tayini	138
4.6.13 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Hava Muhtevası Tayini	139
5. SONUÇLAR	140
6. KAYNAKLAR	144
7. ÖZGEÇMİŞ	153

ÖZET

EMİRDAĞ KİREÇTAŞLARININ HAMMADDE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

Bu tez çalışmasında kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının karakterizasyonu yapılmış, fiziksel, kimyasal, mekanik testler ile birlikte kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının mineralojik ve petrografik özellikleri belirlenmiş, kalsitik kireçtaşlarından elde edilen kireç numunesine, yapı kirecine uygunluk testleri uygulanmıştır.

Kalsitik kireçtaşı numuneleri Emirdağ (Afyonkarahisar) ilçesinin 4 km kuzeybatısında bulunan Adaçal mevkiinden, dolomitik kireçtaşı numuneleri ise Emirdağ (Afyonkarahisar) ilçesinin 23 km kuzeybatısında yer alan Tepeköy (Kuyruklu) mevkiinden alınmıştır.

Kalsitik kireçtaşlarına yapılan mineralojik ve petrografik analizler sonucunda esas mineralin kalsit olduğu ve metamorfizma geçirdiği; dolomitik kireçtaşlarına yapılan mineralojik ve petrografik analizler sonucunda esas mineralin kalsit olduğu, dolomit tanelerinin buna eşlik ettiği ve kayacın sedimanter kökenli olduğu anlaşılmıştır. Kalsitik kireçtaşlarına yapılan kimyasal analizler sonucunda CaO oranının ortalama %54,16 olduğu, dolomitik kireçtaşlarına yapılan kimyasal analizler sonucunda CaO oranının ortalama %31,34, MgO oranı ortalama %20,81 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, mineralojik ve petrografik analizleri teyit eder mahiyettedir. Kalsitik kireçtaşlarına uygulanan fiziksel ve mekanik testler sonucunda su emme oranı ortalama %0,1785, görünür yoğunluk miktarı ortalama 2,6776 g/cm³, toplam gözeneklilik oranı ortalama %1,363, sürtünme ile aşınma kaybı değeri ortalama 11,2 cm³/50cm², tek eksenli basınç dayanımı ortalama 61,53 MPa, sabit moment altında eğilme dayanım değeri ortalama 11,51 MPa, don sonrası tek eksenli basınç dayanımı ortalama 47,86 MPa, don sonrası

sabit moment altında eğilme dayanımı ise ortalama 6,45 MPa olarak bulunmuştur. Dolomitik kireçtaşlarına uygulanan fiziksel ve mekanik testler sonucunda su emme oranı ortalama %0,37831, görünür yoğunluk miktarı ortalama 2,7985 g/cm³, toplam gözeneklilik oranı ortalama %1,266 sürtünme ile aşınma kaybı değeri ortalama 4,4cm³/50cm², tek eksenli basınç dayanımı ortalama 70,03 MPa, sabit moment altında eğilme dayanım değeri ortalama 8,38 MPa, don sonrası tek eksenli basınç dayanımı ortalama 51,48 MPa, don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımı ise ortalama 6,08 MPa olarak belirlenmiştir.

Kalsitik kireçtaşlarından alınan numuneler kül fırınında kalsinasyona tabi tutularak kireç elde edilmiş, elde edilen kireç numuneleri TS EN 459 – 2 ve TS EN 196 - 2 standartlarına göre testlere tabi tutulmuş ve test sonuçlarının yapı kirecine uygunluğu TS EN 459 – 1 standardına göre yorumlanmıştır. Buna göre, sönmüş kirecin aktifliği ortalama %91,81, sönmemiş kirecin aktifliği ortalama %92,96, asitte çözülmeyen madde miktarı %1,48, SO₃ oranı %0,216, R₂O₃ (Al₂O₃ ve Fe₂O₃) oranı %0,043, sönmüş kirecin nem oranı %0,89, sönmüş kirecin işlenebilirlik vuruş sayısı 13, sönmemiş kirecin reaktivitesi 52,3 sn, sönmemiş kirecin verimi 2,66 dm³/kg, sönmüş kirecin yığın yoğunluğu 0,48 kg/dm³, sönmüş kirecin CO₂ oranı %0,43, sönmemiş kirecin CO₂ oranı %0,4 olarak bulunmuştur.

Bu çalışmalar sonucunda, kalsitik kireçtaşlarının kireç ve çimento üretimine elverişli olduğu, don sonrası tek eksenli basınç dayanımı ve don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı sonuçlarının döşeme ve kaplama şeklinde doğaltaş olarak kullanılamaz değerlerde olduğu diğer fiziksel ve mekanik özelliklerin döşeme ve kaplama şeklinde doğaltaş olarak kullanılabilir değerlerde olduğu görülmüştür. Dolomitik kireçtaşlarının ise cam ve yükek fırınlarda sinter hammaddesi olarak kullanıma elverişli olduğu, görünür yoğunluk değeri bakımından döşeme ve kaplama şeklinde doğaltaş olarak kullanılamaz diğer fiziksel ve mekanik özellikler bakımından uygun özellikte olduğu belirlenmiştir.

2010, 155 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Kireç, Kireçtaşı, Dolomit, Cam

ABSTRACT

ANALYSIS OF RAW MATERIAL CHARACTERISTICS OF EMIRDAG LIMESTONE

Afyon Kocatepe University

Institute of Science

Characterization of calcitite and dolomite limestone is made on this dissertation study and mineralogical and petrographical characteristics of calcitite and dolomite limestone are identified by physical, chemical, and mechanical tests, and building lime compliance tests are performed on lime samples from calcitite limestone.

Calcitite limestone samples are taken from Adacal location, which is located at 4 km northwest of Emirdag (Afyonkarahisar) County; and dolomite limestone samples are taken from Tepekoy (Kuyruklu) location, which is located at 23 km northwest of Emirdag (Afyonkarahisar) County.

It is understood after mineralogical and petrographical analysis that primary mineral of calcitite limestone is calcite and they metamorphosed; it is understood after mineralogical and petrographical analysis that primary mineral of dolomite limestone is calcite and dolomite particles are accompanying it and the rock is of sedimentary origin. It is determined after chemical analysis made on calcitite limestone, that CaO percentage is approximately 54,16% and after chemical analysis made on dolomite limestone, that CaO percentage is approximately 31,34% and MgO percentage is approximately 20,81%. These results are verifying mineralogical and petrographical analysis. It is detected after physical and mechanical tests performed on calcitite limestone, that water absorption rate is approximately 0,1785%, apparent density rate is approximately 2,6776 g/cm³, total porosity rate is approximately 1,363%, abrasion loss value by friction is approximately 11,2 cm³/50cm², uniaxial compressive strength is approximately 61,53 MPa, flexural strength under constant moment value is approximately 11,51 MPa, uniaxial compressive strength after frost is approximately 47,86 MPa, and flexural strength under constant moment after frost is approximately

6,45 MPa. It is detected after physical and mechanical tests performed on dolomite limestone, that water absorption rate is approximately 0,37831%, apparent density rate is approximately 2,7985 g/cm³, total porosity rate is approximately 1,266%, abrasion loss value by friction is approximately 4,4 cm³/50cm², uniaxial compressive strength is approximately 70,03 MPa, flexural strength under constant moment value is approximately 8,38 MPa, uniaxial compressive strength after frost is approximately 51,48 MPa, and flexural strength under constant moment after frost is approximately 6,08 MPa.

Samples taken from calcitite limestone are subjected to calcination in crematorium and lime is acquired. Acquired lime samples are tested in accordance with TS EN 459 – 2 and TS EN 196 - 2 standards and building lime compliance of test results are interpreted by TS EN 459 – 1 standard. Accordingly, it is found that activity of slaked lime is approximately 91,81%, activity of unslaked lime is approximately 92,96%, acid insoluble material amount is 1,48%, SO₃ rate is 0,216%, R₂O₃ (Al₂O₃ and Fe₂O₃) rate is 0,043%, humidity rate of slaked lime is 0,89%, number of strokes for workability of slaked lime is 13, reactivity of unslaked lime is 52,3 sn, efficiency of unslaked lime is 2,66 dm³/kg, bulk density of slaked lime is 0,48 kg/dm³, CO₂ rate of slaked lime is 0,43%, CO₂ rate of unslaked lime is 0,4%.

As a result of these studies it is seen that calcitite limestone is convenient for lime and cement production, uniaxial compressive strength after frost and flexural strength under constant moment after frost results are at unusable values as a natural stone for paving and coating, and other physical and mechanical characteristics are at usable values as a natural stone for paving and coating. It is determined as for that dolomite limestone is convenient for using as a sinter raw material for glass and blast furnaces, and while its apparent density value is unusable as a natural stone for paving and coating, it is convenient in terms of other physical and mechanical characteristics.

2010, 155 page

Keywords: Lime, Limestone, Dolomite, Glass

TEŞEKKÜR

Destegi, teşvik etmesi, üzerimdeki yoğun ilgisi ve beni yönlendirmesinden dolayı tez danışman Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Yavuz ÇELİK'e çok teşekkür ederim. Bitirme tezim sırasında kendisi ile çalışmak benim için büyük bir deneyim oldu. Bana kazandırdığı analitik düşünce, bilgi ve beceriler ile, hem çalışmalarım sırasında hem de günlük hayatta mükemmel bir yol gösterici olmuştur.

Katkılarından dolayı öncelikle Sayın Hocalarım Arş. Grv. İbrahim DURLUPINAR, Arş. Grv. Erdiç ABİ, Arş. Grv. Selçuk ÖZGEN ve Arş. Grv. Ekrem ARITAN'a, çeşitli konularda yardımını esirgemeyen Sayın Hocam Arş. Grv. Sevgi GÜRCAN'a deneylerim sırasında bana yardımcı ve yol gösterici olan Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş.Fabrikası Genel Müdür'ü Sayın Muharrem KAPLAN'a, Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş. Fabrikası'nda İşletme Müdür'ü olarak görev yapan Sayın İ.Koray KASNAK ve Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş.Fabrikası çalışanlarından Sayın Özkan MALKOÇ, Sayın Erkan KARTAL ve Sayın Ümit KUŞ'a, Camiş Madencilik A.Ş. fabrikasında maden arama müdürü olarak çalışan Sayın Kemal YANIK'a, her zaman yanımda olan ağabeylerim maden mühendisi Ali ÖZTAŞ, maden mühendisi Şükrü TUR ve maden mühendisi İbrahim BENDER'e ve arkadaşlarım Ahmet ŞAHBAZ, Zafer YÜKSEL, Hatice AKYILDIZ, Levent ÖZER ve Selma YONAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Velit Orçun TÜRKSÖY
AFYONKARAHİSAR, Eylül 2010

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 Kireçtaşlarının mineralojik bileşimlerine göre sınıflandırılması	6
Şekil 2.2 Folk sınıflaması.	7
Şekil 2.3 Dunhman sınıflaması.	8
Şekil 2.4 İlkel yamaç ocağı	27
Şekil 2.5 Eski tip sürekli karışık beslemeli fırın kesiti	28
Şekil 2.6 Hoffmann Horizontal Ring fırını	29
Şekil 2.7 Ön ısıtmalı döner kireç fırını	30
Şekil 2.8 Dikey fırın kesiti	31
Şekil 2.9 Marz fırınlarında hava akış yönleri	33
Şekil 2.10 Pota tipi fırınlar	40
Şekil 2.11 Ergitme tankları	42
Şekil 3.1 Çalışma alanlarına ait yer bulduru haritası	47
Şekil 3.2 Kalsitik kireçtaşı alanına alanı yakın çevresinin jeoloji haritası	49
Şekil 3.3 Kalsitik kireçtaşı alanının dikme kesiti	50
Şekil 3.4 Dolomitik kireçtaşı alanına yakın çevresinin jeoloji haritası	51
Şekil 3.5 Dolomitik kireçtaşı alanının dikme kesiti	52
Şekil 3.6 Numunelerin ultra ses geçiş hızı deneyi için işaretlenmesi	66
Şekil 3.7 Schmidt darbe çekicinin üç farklı konumda kullanımı	69
Şekil 4.1 Kalsitik kireçtaşı numunelerinin XRD görüntüsü	85
Şekil 4.2 Kalsitik kireçtaşında gözlenen muskovit mineralinin EDX analiz grafiği ve muskovit mineralinin standart grafiği	86
Şekil 4.3 Kalsitik kireçtaşı minerallerinin tane boyut dağılımı	87
Şekil 4.4 Dolomitik kireçtaşı numunelerinin XRD görüntüleri	89
Şekil 4.5 Dolomitik kireçtaşı minerallerinin tane boyut dağılımı	90
Şekil 4.6 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının su emme miktarları ile standartlara göre maksimum değerlerin karşılaştırması	94
Şekil 4.7 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunlukları ile standartlara göre minimum değerlerin karşılaştırması	97
Şekil 4.8 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değerleri ile standartlar göre maksimum değerlerin karşılaştırması	102

Şekil 4.9 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma değerleri ile standartlara göre maksimum değerlerin karşılaştırılması	108
Şekil 4.10 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile standarttaki minimum değerlerin karşılaştırılması	112
Şekil 4.11 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımları ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması	115
Şekil 4.12 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması	118
Şekil 4.13 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması	120
Şekil 4.14 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması	123
Şekil 4.15 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması	126
Şekil 4.16 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının su emme ve açık gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması	127
Şekil 4.17 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı ve toplam gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması	128
Şekil 4.18 Kalsitik kireçtaşlarının sismik hız ve toplam gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması	129
Şekil 4.19 Kalsitik kireçtaşlarının sismik hız ve basınç dayanımı değerlerinin karşılaştırılması	130

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa No
Resim 1.1 Kalsitik kireçtaşı numunesinin alındığı ocak	4
Resim 1.2 Dolomitik kireçtaşı numunesinin alındığı ocak	4
Resim 2.1 Kalsit minerali	10
Resim 2.2 Aragonit minerali	10
Resim 2.3 Dolomit minerali	11
Resim 2.4 Manyezit minerali	12
Resim 2.5 Paralel akışlı Maerz fırını	32
Resim 2.6 Revelber tipi cam fırınları	41
Resim 3.1 Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş. Fabrikası'na ait kireçtaşı ocağı	53
Resim 3.2 Camiş madencilik Firması' na ait dolomit ocağı	53
Resim 3.3 Ocaktan alınan iri boyutlu numuneler	54
Resim 3.4 Yan kesme makinesi	55
Resim 3.5 Baş kesme makinesi	55
Resim 3.6.Halkalı değirmen	56
Resim 3.7 Polorizan mikroskop	57
Resim 3.8 XRD cihazı	58
Resim 3.9 SEM cihazı	59
Resim 3.10 XRF cihazı	60
Resim 3.11 Küp şekilli numuneler	61
Resim 3.12 Sismik hız ölçüm aleti	66
Resim 3.13 Böhme cihazı	67
Resim 3.14 Tek eksenli basınç dayanım cihazı	71
Resim 3.15 Eğilme test cihazı	72
Resim 3.16 Numunelerin işaretlenmesi	73
Resim 3.17 Nem tayin cihazı	77
Resim 3.18 Reaktivite cihazı	78
Resim 3.19 Le chatelier kalıp	79
Resim 3.20 Kireç hamuru ile doldurulan bilezik aparatlar	80
Resim 3.21 Yoğunluk aparatı	81
Resim 3.22 CO ₂ tayin cihazı (Kleine cihazı)	82
Resim 3.23 Hava muhtevası tayin cihazı	83

Resim 4.1 Kalsit tanelerinin ince kesit görüntüsü	84
Resim 4.2 Kalsitik kireçtaşının SEM görüntüsü	85
Resim 4.3 Kalsitik kireçtaşında gözlenen muskovit mineralinin SEM görüntüsü	86
Resim 4.4 Kalsit tanelerinin dizilimleri	87
Resim 4.5 Dolomit tanelerinin ince kesit görüntüsü	88
Resim 4.6 Dolomitik kireçtaşında gözlenen dolomit minerallerinin SEM görüntüsü	89
Resim 4.7 Foraminifer fosili içeren dolomitik kireçtaşı	90

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1 Isı ve ses izolasyonunda kullanılacak cam pamuğu imali için kullanılan dolomitlerde aranılan özellikler	25
Çizelge 2.2 Kireç imalinde kullanılacak kireçtaşlarının kimyasal özellikleri	34
Çizelge 2.3 Kireç imalinde kullanılacak kireçtaşlarının standarda göre sınıflandırılması	35
Çizelge 2.4 Cam imali için kullanılacak dolomitlerin kimyasal bileşim açısından standarda göre sınıflandırılması	45
Çizelge 4.1 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının kimyasal özellikleri	91
Çizelge 4.2 Emirdağ kalsitik kireçtaşlarının kimyasal bileşimi ile TS 11669 standardında istenen kimyasal bileşimlerin karşılaştırılması	92
Çizelge 4.3 Emirdağ dolomitik kireçtaşlarının kimyasal bileşimi ile TS 0720 standardında istenen kimyasal bileşimlerin karşılaştırılması	92
Çizelge 4.4 Kalsitik kireçtaşının atmosfer basıncı altında su emme değerleri	93
Çizelge 4.5 Dolomitik kireçtaşlarının atmosfer basıncı altında su emme değeri	93
Çizelge 4.6 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının özgül ağırlık değerleri	95
Çizelge 4.7 Kalsitik kireçtaşının görünür yoğunluk değeri	96
Çizelge 4.8 Dolomitik kireçtaşının görünür yoğunluk değeri	96
Çizelge 4.9 Kalsitik kireçtaşlarının görünür hacim değerleri	98
Çizelge 4.10 Dolomitik kireçtaşı numunelerinin görünür hacim değerleri	98
Çizelge 4.11 Kalsitik kireçtaşının açık gözeneklilik değeri	99
Çizelge 4.12 Dolomitik kireçtaşlarını açık gözeneklilik değeri	99
Çizelge 4.13 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değerleri	100
Çizelge 4.14 Kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değeri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması	100
Çizelge 4.15 Dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değeri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması	101
Çizelge 4.16 Kayaçların toplam gözeneklilik değerlerine göre sınıflandırılması	102
Çizelge 4.17 Kalsitik kireçtaşlarına ait sismik hız değerleri	103
Çizelge 4.18 Dolomitik kireçtaşlarına ait sismik hız değerleri	104
Çizelge 4.19 Dalga hız sınıflaması	105

Çizelge 4.20 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma kaybı değerleri	106
Çizelge 4.21 Dolomitik ve kalsitik kireçtaşlarının hacim ve ağırlıkça sürtünme kayıpları	107
Çizelge 4.22 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının Schmidt sertlikleri	108
Çizelge 4.23 Kayaçların Schmidt sertlik değerlerine göre sınıflandırılması	109
Çizelge 4.24 Mohs Sertlik Sınıflaması	109
Çizelge 4.25 Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri	110
Çizelge 4.26 Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri	111
Çizelge 4.27 Tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre kaya sınıflaması	112
Çizelge 4.28 Kalsitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanım değerleri	113
Çizelge 4.29 Dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanım değerleri	114
Çizelge 4.30 Kalsitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması	114
Çizelge 4.31 Dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması	115
Çizelge 4.32 Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları	116
Çizelge 4.33 Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları	117
Çizelge 4.34 Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması	117
Çizelge 4.35 Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması	118
Çizelge 4.36 Kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanım değerleri	119
Çizelge 4.37 Dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanım değerleri	119
Çizelge 4.38 Kalsitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımları	121
Çizelge 4.39 Dolomitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımları	122

Çizelge 4.40 Kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri	124
Çizelge 4.41 Dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri	125
Çizelge 4.42 Ultrases analizi yapılan kalsitik ve dolomitik kireçtaşı numunelerinin basınç dayanım değerleri	130
Çizelge 4.43 Sönmüş ve sönmemiş kireçlere uygulanan aktiflik deney sonuçları	131
Çizelge 4.44 Asitte çözülme madde miktarı	132
Çizelge 4.45 CaO ve MgO değerleri	132
Çizelge 4.46 SO ₃ değeri	133
Çizelge 4.47 R ₂ O ₃ değeri	134
Çizelge 4.48 Nem tayin değeri	134
Çizelge 4.49 Penetrasyon vuruş sayıları	135
Çizelge 4.50 Reaktivite sonuçları	135
Çizelge 4.51 Derinlik azalma değerleri	136
Çizelge 4.52 Le Chatelier kalıplarındaki açıklık değişimleri	137
Çizelge 4.53 Yığın yoğunluğu değerleri	138
Çizelge 4.54 Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde CO ₂ miktarları	138
Çizelge 4.55 Hava muhtevası değeri	139

1.GİRİŞ

Kireçtaşı, kimyasal ve organik etkilerle deniz ve göllerde çöken maddelerin oluşturduğu bir kayadır. Kireçtaşı safsızlıklar hariç, kalsit, aragonit, dolomit ve manyezit gibi dört ana mineralden oluşmaktadır (Boynton, 1980; Önem, 1997).

Kireçtaşları ya doğrudan çökelme ortamında (otoktan) bulunan ya da çökelme ortamına dışarıdan akarsular ile gelen bileşenlerden (alloktan) oluşur (Kılıç, 2005). Özellikle geniş deniz dibi bölgelerinde, kalsiyum karbonat içeren çok büyük kütleler oluşmaktadır. Bu kütleler, ilk önce kireç çamuru halini almaktadır. Kurumuş deniz bitkileri ve omurgasız hayvanlar bu kireç çamuru içindeki kirecin iskeletini oluşturmaktadır. Bütün bu maddeler daha sonra kireçtaşı haline dönüşmektedir (Betchin, 1957). Dolomitik kireçtaşlarının ise büyük bir bölümü kireçtaşlarının çökelme sonrası geçirdiği süreçler (alterasyon, replansman, rökristalizasyon, diagenetik, metasomataz) ile oluşurlar (Kulaksız, 2007).

Kireçtaşları kimyasal bileşimine göre çeşitlere ayrılmıştır. Kalsit oranı %95 ve üzeri olan kireçtaşları kalsitik kireçtaşı, yapısında %10'dan fazla $MgCO_3$ bulunan kireçtaşları dolomitik kireçtaşı, yapısında %20-40 arasında $MgCO_3$ bulunan kireçtaşları dolomit olarak adlandırılmaktadır (Onargan, 2004).

Kireçtaşları, özellikleri bakımından geniş bir çeşitliliğe sahiptir ve bu durum kireçtaşlarını birbirinden farklı birçok uygulama alanına uygun bir hammadde haline getirmektedir (Önem 1996; Temur, 2001). Kalsitik kireçtaşları genellikle kireç, çimento, boya ve yem sanayinde kullanılmaktadır. Dolomitik kireçtaşlarının ise cam, metalurji ve refrakter malzeme üretimi gibi birçok kullanım alanı mevcuttur. Ayrıca kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının kimyasal bileşimine bakılmaksızın fiziko-mekanik özellikleri referans alınarak doğal taş ve agrega olarak da kullanımı oldukça yaygındır.

Türkiye'de Paleozoik'ten Kuvaterner'e kadar oldukça geniş bir zaman aralığında oluşmuş birimler içinde kireçtaşları yaygın olarak yer almaktadır. Bu nedenledir ki ülkemizin her bir köşesinde, kireçtaşlarının hammadde olarak kullanan endüstri dalları önemli gelişme göstermiştir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan Emirdağ (Afyonkarahisar) kireçtaşları geniş bir alanda yüzeylemekte ve kullanım alanının oldukça dar olduğu görülmektedir. Bu sebeple kireç üretiminde kullanılan kalsitik kireçtaşları ile cam hammaddesi olarak kullanılan dolomitik kireç taşlarının hammadde özelliklerini belirlemek, sonuçların kireç ve cam hammaddesine uygunluğunu standartlara göre kontrol etmek ve Emirdağ (Afyonkarahisar) bölgesinde bulunan kireçtaşlarının döşeme ve kaplama şeklinde doğal taş olarak kullanım alanını arttırmak bu tez çalışmasının amacını oluşturmaktadır.

1.2 Önceki Çalışmalar

Emirdağ bölgesi kireçtaşları ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar jeoloji ağırlıklıdır, kireçtaşlarının endüstriyel hammadde özelliklerini belirlemeye yönelik bir çalışma daha önce yapılmamıştır. Bu konuda ve civarda yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Kuşçu, Cengiz ve Bozcu (2001), Menteşe (Isparta) dolomitlerinin dead burned dolomit, demir çelik ve refrakter sanayinde, ayrıca cam ve gübre sanayinde kullanılabilecek özelliklere sahip olduğunu belirlemiştir. Menteşe kesimi dolomitleri fiziksel özellikleriyle agrega olarak kullanılabilir olup 5.694.300.000 ton muhtemel rezerve sahiptir.

Kabasarı (2002), Dinar dolomitlerinin gübre, seramik sanayinde ve bu sayılan MgO tenörüne dayalı kullanım alanları dışında kalan boya, vinylx ve marley’de dolgu maddesi olarak kullanılabileceğini belirlemiştir. Dinar dolomitleri toplam 245.750.000 ton muhtemel rezervleri ile işletilebilir özellikte bir maden yatağıdır.

Uman ve Yergök (1979), Emirdağ (Afyon) yöresindeki genel jeoloji ve harita alımı çalışmaları yapmış, Emirdağ yöresinde en altta Karbonifer-Permiyen yaşta Emirdağ kireçtaşları, üzerine Triyas yaşlı Karaçaltepe formasyonun geldiğini ifade etmiştir.

Metin vd. (1987), Afyon ve civarında harita alımı çalışmaları yaparak bölgenin genel jeolojisi ve metamorfizmasını açıklamışlardır. Afyon civarında yüzeyleyen metamorfik kayalar “Afyon Metamorfitleri” olarak isimlendirmişlerdir. Afyon Metamorfitlerinin yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirdiğini belirten araştırmacılar, metamorfitlerin şistler, İscehisar Mermerleri, Deliktaştepe Meta-konglomerası ve Sarıyartepe Kuvarsiti birimlerinden oluştuğunu belirterek bunların üzerine uyumsuzlukla Pliyosen yaşlı Gebeciler Formasyonunun geldiğini ifade etmişlerdir.

Çelik ve Büyüksağış (2001), İnceleme sahasında yer alan Tabaklar-Emirdağ travertenlerinin jeolojik konumu, fiziksel ve fiziko-mekanik özelliklerini incelemişlerdir.

Gökten vd. (2006), Eskişehir doğusunda Sarıkavak mevkiinden başlayarak içerisinde Mahmudiye, Çifteler ve Emirdağ yerleşimlerinin yer aldığı kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan yaklaşık 100 km uzunluğunda ve 20 km genişliğindeki alanın neoteknik özelliklerini incelemişlerdir.

Toprak (2007), İzmir, Muğla ve Marmara Adası’ndan alınan mermer ve kireçtaşı numunelerinden kireç elde etmiş ve bu kireç numunelerinin yapı kirecine uygunluklarını karşılaştırmıştır.

Kılıç (2005), Ceyhan ve Karaisali yöresi kireçtaşlarından numune almış ve bu kireç taşlarının karakterizasyonunu yaparak klasik Eberhart tipi kireç fırınları ile Paralel akışlı Maerz fırınlarındaki kalsinasyon parametrelerini karşılaştırarak klasik Eberhart tipi kireç fırınlarına yapılması gereken iyileştirmeleri ortaya koymuştur.

Kırıkoglu (1996), karbonatlı kayaların kullanım alanlarını incelemiş ve kullanımı için sahip olması gereken özellikleri ortaya koymuştur.

Kahriman vd. (1996), Sivas civarında bulunan göl kalker, traverten ve mermer numunelerini alıp kalsinasyona tabi tutmuştur. Kalsinasyon sonucunda farklı hammaddelerin kalsinasyon sıcaklıklarına göre kireç olma kabiliyetlerini incelemiştir.

Bu çalışma sonucunda Sivas Kireç Fabrikasının alternatif hammadde olan travertenin kullanımının daha ekonomik olacağını ortaya koymuştur.

Buldu (2006), Bağcılar - Burhan (Mersin – Tarsus) kireçtaşlarının hammadde özelliklerini araştırmış, kimyasal analiz sonuçlarına göre bölgede çimento sektöründe kullanılmaya uygun 2,15 milyon ton rezerv tespit etmiştir.

Güler (2007), Mersin ili Mut ilçesinde bulunan Sertavul yaylasında bulunan Mesazoyik yaşlı kireçtaşlarının mermer olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bazı özellikler bakımından mermer olarak kullanılabilir iken bazı özellikler bakımından mermer olarak kullanılamayacağı ortaya koymuştur.

Özkan (2006), Adana Salbaş civarında yüzeylenmeye olan kumtaşlarının mühendislik özelliklerini belirlemiş, ekonomik olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Deney sonuçları arasındaki ilişkileri istatistiksel olarak yorumlamıştır.

Buzlu (2001), Bayat (Atabey – Isparta) kireçtaşlarının mermer olarak kullanılabilirliği ve ekonomik potansiyeli üzerine çalışmıştır.

Uysal ve Arkadaşları (2003), bazı mermer türlerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyerek, inşaatlarda yapı ve kaplama malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla mermerlere bir dizi deneyler uygulamışlardır. Daha sonra elde ettikleri sonuçları TSE standartları ile karşılaştırmış ve mermerlerin yer döşemesi, duvar kaplaması, merdiven basamağı kullanım alanlarına uygunluğunu araştırmışlardır.

Atabey ve Arkadaşları (2006), Güney (Denizli) gölssel kireçtaşlarının fiziksel, teknolojik ve jeokimyasal özelliklerini tespit etmişlerdir.

Uz ve Bacak (2008), Beyceköy (Bilecik) kireçtaşlarının jeolojik, petrografik, fiziko mekanik özellikleri ve mermer olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir.

Boztaş (2009), Burudur ili Yeşilova ilçesi Kağılıcık kireçtaşlarının mermer olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacı ile numunelere fiziko – mekanik testler yapmış ve test sonuçlarını ilgili satandartlara göre yorumlamıştır.

2. KİREÇTAŞLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ VE KULLANIMI

2.1 Kireçtaşı Türleri ve Mineralleri

Kimyasal bileşiminde en az %90 CaCO_3 (kalsiyum karbonat) bulunan kayalara kireçtaşı adı verilmektedir. Ayrıca kireçtaşı terimi, kimyasal bileşiminde %90'a kadar CaCO_3 mineralojik bileşiminde ise %90'a kadar kalsit içeren kayalar için kullanılmaktadır (Boynton, 1980).

Kireçtaşları, bileşimine giren yabancı maddelere göre çeşitli renkler almaktadır. Sarı ve kırmızı renk demir oksit, siyah ve mor mangan oksit, gri ve siyah organik maddelerden gelir. Oluşum şartlarına göre organizma artıkları içerirler ve içerdikleri fosillere göre mercanlı kireç taşları, fusulinli kireçtaşları, nummunitli kireçtaşları gibi isimler almaktadırlar (Boynton, 1980; Şentürk, vd., 1996).

2.1.1 Kireçtaşlarının Sınıflandırılması

Kireçtaşları mineralojik içerik, tane boyutu, kompozisyon, doku ve kimyasal bileşimlerine göre 5 ana grupta sınıflandırılmaktadırlar.

2.1.1.1 Kireçtaşlarının Mineralojik İçeriklerine Göre Sınıflandırılması

Bu sınıflandırma kayacın mineralojik içeriğine göre yapılmaktadır. Bir kayacın toplam malzemenin %50'si karbonat harici malzemedan oluşuyorsa kayacın karbonatlar sınıfının dışında değerlendirilir. Eğer karbonat oranı %50'den fazla ise dolomit veya kalsit oranlarına göre alt sınıflara ayrılır. Kireçtaşlarının mineralojik bileşimlerine göre sınıflandırılması Şekil 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.1 Kireçtaşlarının mineralojik bileşimlerine göre sınıflandırılması (Leighton ve Pendexter ,1962).

2.1.1.2 Kireçtaşlarının Tane Boyutuna Göre Sınıflandırılması

Bu sınıflandırmaya göre kireçtaşlarının tane boyutları iriden inceye doğru sıralanmıştır. Sıralama şu şekildedir:

- 1- Kalsiruditler > 2mm
- 2- Kalsiarenitler 2mm-62mm,
- 3- Kalsilutitler <62 mm

2.1.1.3 Kireçtaşlarının Kompozisyona Göre Sınıflandırılması

Bu sınıflamaya Folk sınıflaması da denmektedir. Bu sınıflamaya göre kireçtaşları şu şekilde ayrılmaktadır.

- 1- Allokemler : Kireçtaşı parçaları ve diğer taneler
- 2- Hamur : Genelde mikritiktir.
- 3- Çimento : Genelde druzisparitir.

Bu sınıflamada kayacı oluşturan parçalar kısaca biokavkıyı, oo-ooliti, pel-peliti temsil

eder ve mikritik veya sparite ön ek olarak gelirler. Oomikritik, plemikrit, oosparit, plesparit, biomilrit, biosparit gibi. Bazen herhangi bir kayaçta bu allokemlerden herhangi ikisi dominant olarak bulunursa bu komponentlerin kombinasyonu da kullanılabilir. Biopelmikrit, biopelsparit, oopelmikrit, vb. gibi diğer kategoriler stromatorit veya resif kayaçları gibi yerinde oluşmuş kireçtaşları içeren biolitit ve erime sonucu gözenekli yapı kazanmış olan mikritlere verilen isim olan dismikrittir. Bu gözenekler çoğunlukla çok küçük ve ovaldir. Kuş gözüne benzemesi nedeni ile kuşgözü yapısı (birds eye) olarak adlandırılırlar. Şekil 2.2’de Folk sınıflandırması verilmektedir.

Kireçtaşı içersindeki allokemler	Kireçtaşı tipi			
	sparit çimentolu		mikrit çimentolu	
kavkı parçaları (bioklast)	biosparit		biomikrit	
oidler	oosparit		oomikrit	
peloidler	pelsparit		pelmikrit	
intraklast	intrasparit		intramikrit	
yerinde oluşmuş kireçtaşı	biolitit		dismikrit	

Şekil 2.2 Folk sınıflaması (Folk, 1959).

2.1.1.4 Kireçtaşlarının Dokuya Göre Sınıflandırılması

Bu sınıflandırmaya Dunhman sınıflandırması da denmektedir. Dunhman; matriks içermeyen kayaçları grainstone (tanetaşı), hamur içeren (biomilrit) ama iri taneleri ile kontakta olan kayaçları packstone (paketlitaş) hamur içerisinde yüzer durumda taneler içeren kayaçları wackestone (waketaşı), çok az tane içeren ve tamamen mikritten oluşan kayaçları çamur taşı olarak dört temel gruba ayırmıştır. Şekil 2.3’de Dunhman sınıflandırması verilmektedir.

Allokem Yüzdesi	>2/3 KARBONAT ÇAMURLU HAMUR				SPAR & KARB. ÇAMURU	>2/3 SPARIT ÇİMENTO		
	% 0-1	% 1-10	% 10-50	> % 50		KÖTÜ BOYLANMA	İYİ BOYLANMA	YUVARLAK AŞINMIŞ
Tanımlayıcı Kayaç isimleri	MİKİRİT VE DISMİKİRİT	FOSİLLİ MİKİRİT	SEYREK BİOMİKİRİT	PAKETLİ BİOMİKİRİT	KOTÜCE YIKANMIŞ BIOSPARİT	BOYLANMASIZ BIOSPARİT	BOYLANMIŞ BIOSPARİT	YUVARLAKLAŞMIŞ BIOSPARİT
Terminoloji	Mikrit ve dismikrit	Fosilli Mikrit	Biomikrit		Biosparit			
Kırıntılı kayaç karşılıkları	Kiltaş		Kumlu Kiltaş	Killi veya olgunlaşmamış kumtaş	Yarı olgun kumtaş	Olgun kumtaş	Süper olgun kumtaş	

Şekil 2.3 Dunhman sınıflaması (Dunhman, 1962).

2.1.1.5 Kireçtaşlarının Kimyasal İçeriğe Göre Sınıflandırılması

Kireçtaşları kimyasal bileşimine göre şu şekilde sınıflandırılabilir:

- 1- Kalsiyum içeriği yüksek kireçtaşları
- 2- Magnezyum içeriği yüksek kireçtaşları
- 3- Dolomit
- 4- Killi kireçtaş
- 5- Karbon içeren kireçtaş
- 6- Demirli kireçtaş
- 7- Fosforlu kireçtaş
- 8- Marn

Kalsiyum içeriği yüksek kireçtaşları: Yüksek oranda kalsiyum karbonat, %5'ten az magnezyum karbonat içerir.

Magnezyum içeriği yüksek kireçtaşları: Kalsiyum karbonatın yanı sıra %5-20 oranında magnezyum karbonat içerir (Boynton,1980; Othmer, 1978).

Dolomit: Kalsiyum karbonat ve %20-40 oranında magnezyum karbonat içerir (Yıldırım, 2007).

Killi kireçtaşı: Yapısında, kille birlikte oldukça yüksek oranda SiO_2 ve Al_2O_3 bulunmaktadır.

Karbon içeren kireçtaşı: Safsızlık olarak turba veya asfalt gibi çeşitli tipte organik madde içeren rengi siyah olan ve yandığında genellikle kötü bir koku çıkaran kireçtaşı türüdür.

Demirli kireçtaşı: Yapısında safsızlık olarak oldukça fazla miktarda demir içeren sarı veya kırmızı renkte kireçtaşıdır.

Fosforlu kireçtaşı: %5'e kadar fosfor içeren, kalsiyum yüzdesi yüksek bir kireçtaşı türüdür. Kökeni ise deniz organizmalarıdır (Şentürk vd., 1996).

Marn: SiO_2 ve kil içeren kireçtaşlarına verilen marn ismi aynı zamanda göllerdeki toprak ve kil içeren tortullar için de kullanılmaktadır. Gevşek kristal yapısına çeşitli oranlarda karışmış olan kil ve kum içermektedir (Yüksel, 1995).

2.1.2 Kireçtaşını Oluşturan Mineraller

Kireçtaşı bileşiminde karbonat mineralleri yer almaktadır. Bu mineraller şunlardır:

- 1- Kalsit
- 2- Aragonit
- 3- Dolomit
- 4- Manyezit

Kalsit: Kimyasal bileşimi CaCO_3 olan ve teorik olarak %56 CaO ve %44 CO_2 ihtiva eden, sertliği 3, yoğunluğu $2,7 \text{ gr/cm}^3$ olan heksagonal sistemde kristalleşmiş bir mineraldir (Kibici, 2002).



Resim 2.1 Kalsit minerali.

Aragonit: Aragonit kimyasal yapı olarak kalsitle aynı özellik göstermektedir. Kalsitten tek farkı kristal yapısıdır. Aragonitin kristal yapısı ortorombik, sertliği 3,5-4 mohs dur. Aragonit 400 °C’da kalsite dönüşmektedir (Lokman, 1999).



Resim 2.2 Aragonit minerali.

Dolomit: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ olarak kimyasal kompozisyonunda bir çift karbonat bileşiği

içeren dolomit, kireçtaşlarından CaO'ın yerini kısmen veya tamamen MgO'in alması ile oluşmaktadır. $\text{CaO/MgO}=1$ olduğunda bu tür dolomitin kireçtaşının bozunması ile oluştuğu söylenebilir (Dal, 2005) Bu yüzden bileşimi açısından kireçtaşları ile ilişkisi olup, yanarda ve dünyada daima kireçtaşları ile geçişlidir. Dolomit heksagonal sistemde kristalleşmiştir. Sertliği 4, yoğunluğu $2,9 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Sıcak ortamda HCl de çözünür ve köpürür (Kuzvart, 1984; Güney ve Tarkan, 1999).



Resim 2.3 Dolomit minerali.

Manyezit: Manyezit, bir magnezyum karbonat mineralidir. Teorik olarak bileşiminde %47,8 MgO ve %53,2 CO_2 içerir. Manyezit ısıtılınca CO_2 içeriğini kaybeder ve kristalin MgO meydana gelir. Doğada kriptokristalin (Jel/Amorf) ve kristalin (iri kristalli/spatik) olmak üzere iki şekilde oluşur. Sertliği 4-4,5 mohs arasında, özgül ağırlığı $2,9\text{-}3,1 \text{ gr/cm}^3$ arasındadır (Vural, 1999).



Resim 2.4 Manyezit minerali.

2.1.3 Kalsitik Kireçtaşlarının Oluşumu ve Özellikleri

Kalsitik kireçtaşları çökelme ortamının dışından taşınan veya doğrudan çökelme ortamında bulunan bileşenlerin çökmesiyle oluşmaktadır.

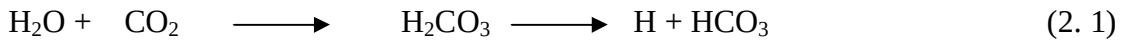
Çökelme ortamında bulunmayan karbonik ve diğer mineral asitleri içeren çözeltilerin ve aşınmanın etkisi ile yapısında kalsiyum bulunduran kayaçların parçalanmasıyla serbest kalan kalsiyum, akarsularla denize taşınmaktadır. Çözünmüş halde bulunan kalsiyum karbonatın bir kısmı deniz suyundaki düşük çözünürlük nedeni ile tortullaşmaktadır (Othmer, 1978).

Çökelme ortamında bulunan kalsiyum karbonat sedimantasyonu (çökmesi) organik ve inorganik olmak üzere başlıca iki yolla oluşur.

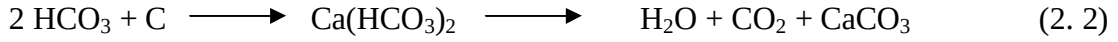
Organik oluşumda doğrudan organizmalar rol oynar. Deniz ve göllerde yaşayan bitki ve hayvan organizmaları (foraminifer, alg, polip, mollusk, ekinodem, sünger v.b.) suda çözünmüş halde bulunan kalsiyum ve karbonatı özümleyerek kabuk, diş, iskelet gibi

sert kısımlarında kalsiyum karbonat olarak biriktirirler. Bu sentezler sıcak ve ılıman sularda daha kolay olur organizmalar öldükten sonra bu birikimlerin tabakalar halinde üst üste çökmesiyle organik kökenli kireç taşları oluşur.

İnorganik oluşum (kimyasal oluşum) ise formül 2.1 ve formül 2.2’de görüldüğü gibi deniz ve göllerdeki azotlu organik maddelerin bozunması ve buna paralel olarak havadaki karbondioksitin yüksek sıcaklıklarda çözünmesiyle sudaki CO₂ konsantrasyonu artar ve erimiş haldeki CO₂ suyla reaksiyona girerek karbonik asidi (H₂CO₃) oluşturur (Çiçek, 1999).

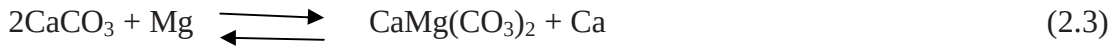


Karbonik asidin sudaki kalsiyum iyonuna etkisiyle dönüşümlü bir kimyasal olay meydana gelir ve bunun sonucunda da zaman zaman CaCO₃ çökler.



2.1.4 Dolomitik Kireçtaşlarının Oluşumu ve Özellikleri

Dolomitik kireçtaşı; tümüyle veya çoğunlukla dolomit mineralinden oluşan ve CaMg(CO₃)₂ formülüyle gösterilen tortul bir kayadır. Dolomitleşme basit olarak formül 2.3’de görüldüğü gibi açıklanabilmektedir (Eren vd., 2008).



Kireçtaşları değişik şartlarda dolomitleşebilir. Bundan dolayı dolomitleşme için çok sayıda teori ve model geliştirilmiştir (Karakaş ve Varol, 1994).

Bu modellerden bir tanesi Hipersalin Lagün ve Reflux modelidir. Bu modele göre deniz suyu lagünlerde buharlaşır. Buharlaşma sonucu lagündeki suyun yoğunluğu artar ve denize doğru eğimli tabakalar boyunca denize doğru sızar. Lagün suyunun deniz suyuyla aralıklı olarak beslenmesi ve yoğun tuzlu suyun denize doğru sızması döngüsü

dolomitleşmede sürekli Mg taşıyan mekanizmadır. Mg'un kaynağı ise deniz suyudur. Bu tür dolomit oluşumlarında dolomitleşme reaksiyonu muhtemelen bol miktarda jips çökeldikten ve solüsyon içindeki Mg/Ca oranı 9'a yaklaştıktan sonra gerçekleşir.

Bir başka modelde Gömülme ve Kompaksiyon modelidir. Bu modele göre ince taneli sedimentler (çamur gibi) derinlere gömüldüklerinde bol miktarda gözenek suyu dışarı atılır. Geniş alanlarda yayılım gösteren çamurlu birimler genelde resif kütleleri içerir ya da kalın şelf karbonatlarıyla çevrelenmiş ya da üstlenmişlerdir. Dolayısıyla derinlere gömülme esnasında çamurlu birimlerden dışarı atılan kompaksiyon sıvılar geçirimsizliği yüksek olan karbonatlı birimler içerisine boşalmaları zorlanır. Eğer kompaksiyon suları Mg iyonlarınca zenginse bu sıvılar içerisinde aktıkları kireçtaşların dolomitleşmelerini sağlarlar (Orhan, 2008).

Coorong Lagün modeline göre yüzey drenajı, mevcut topografyayı izler fakat yer altı suyu akıntıları yüzey drenajına dik ve denize doğrudur. Göller yağışlı kış ayları boyunca su ile dolar ve yaz aylarında kısmen ya da tamamen kurur. Bu göllerde oldukça ince taneli dolomit çamuru ve magnezit, özellikle karaya doğru olan göllerde çöker. Kuruyan göllerdeki dolomit oluşumu yüksek CO₃ içerikli yer altı sularının göl suyuyla karışması ve orada çökelen ince taneli dolomit çamurları ile teması sonucunda gerçekleşir.

Sabhka modeline göre fırtınalarla kara yönünde dalgalarla itilen sular önce sedimentler içinde aşağı doğru daha sonra ise denize doğru süzülür. Bu süzülme esnasında Mg'ca zengin sular içerisinde süzüldükleri kireçtaşlarını dolomitleştirirler. Dolomit en iyi gelgit içi zonun üst kesimlerinde ve üst gelgit zonunda gelişir. Gel-Git düzlüğü ve Üst gelgit sedimentlerinin dolomitleşmesi tuz yatağı yüzeyinin altında 2-3 metre derinliğe kadar olur (Orhan, 2008).

Su karışması ve sulanma modeline göre ise dolomitleşme freatik deniz suyu ile tatlı yer altı sularının karışma zonlarında gerçekleşir. Dolomitleşme için gerekli Mg esas olarak deniz suyundan sağlanmaktadır. Yüksek CO₃ konsantrasyonuna sahip tatlı yer altı suları da dolomit oluşumunu teşvik eder (Orhan, 2008).

2.2 Kireçtaşlarının Kullanım Alanları

Kireçtaşları genellikle inşaat ve yol yapım malzemesi olarak mıcır şeklinde, çimento üretiminde, kireç üretiminde, cam üretiminde, metalürji sanayisinde, tarım sektöründe, şeker üretiminde, boya sanayinde, seramik sanayinde, su filtrasyonunda, kimya sanayinde ve kâğıt üretiminde kullanılmaktadır (Lokman, 1999).

Bu alanlardan en fazla tüketim payına sahip olan %40-70 oranıyla hazır beton yapımıyla birlikte yol yapımı ve dolgu işleridir. Bu amaçla kullanılacak olan kireçtaşı; temiz, kuru, kübik formda, yüksek aşınma mukavemetine ve sertliğe sahip olmalıdır. Bu alanda kullanılan yıllık mıcır miktarı, dünyada yaklaşık 1,5 milyar ton/yıl; Türkiye’de ise yaklaşık 280 milyon ton/yıl civarındadır. Bu değer, Türkiye’deki toplam kireçtaşı üretiminin yaklaşık %75’ine karşılık gelmektedir (Konak vd., 2008).

Türkiye genelinde Maden İşleri Genel Müdürlüğü (MİGEM) kayıtlarına göre sayıları yaklaşık 2750 adet olan agrega işletmesinde başlıca üç tip kayacın üretimi yapılmaktadır. Bunlar sedimenter kökenli karbonat kayaçlar (kireçtaşı, dolomit ve kalsit), detritik kayaçlar (kumtaşı vb.) ve volkanik kökenli kayaçlardır (bazalt ve andezit). Karbonat kökenli kayaçların sınıfına giren kireçtaşı toplam üretim miktarı içinde %96 paya sahiptir (Öztürk vd., 2007).

Kireçtaşının ikinci büyük kullanım alanı çimento ($\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) üretimidir. Çimentonun ana hammadde girdisi %80’e varan oranlarla düşük magnezyumlu (en fazla %5) kireçtaşıdır. Bir ton çimento üretimi için yaklaşık bir ton kireçtaşına ihtiyaç vardır (DPT, 2001.a). Dünyada çimento üretimi yaklaşık 1.5 milyar ton/yıl olup Türkiye’de bu miktar 2009 yılı itibarıyla 43 milyon 452 bin tondur. Diğer bir deyişle toplam kireçtaşı üretiminin %15’i bu amaçla tüketilmektedir (İnt.Kyn.3).

Kireçtaşları, agrega ve çimento üretiminden sonra en fazla kireç imalinde kullanılmaktadır. Sönmemiş kireç üretimi için kullanılan yıllık kireçtaşı miktarının dünyada 750 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye’de ise bu miktar kabaca 15 milyon ton/yıl civarında olup, toplam kireçtaşı üretiminin %4’üne tekabül eder (DPT, 2001.b).

2.2.1 Kalsitik Kireçtaşlarının Kullanım Alanları

Kalsitik kireçtaşlarının başta beton ve yol yapımı olmak üzere çimento, kireç, boya, dolgu ve kâğıt gibi pek çok kullanım alanı mevcuttur. Bu kullanım alanları aşağıda sıralanmaktadır:

- 1- Beton yapımında dolgu maddesi olarak
- 2- Yol yapımında dolgu maddesi olarak
- 3- Çimento hammaddesi olarak
- 4- Kâğıt üretiminde dolgu maddesi olarak
- 5- Boya üretiminde dolgu maddesi olarak
- 6- Plastik sektöründe
- 7- Gıda ve tavuk yemi sektöründe
- 8- Seramik sektöründe
- 9- Kireç üretiminde

2.2.1.1 Kalsitik Kireçtaşlarının Betonda Kullanımı

Beton; çimento, mıcır ve suyun belirli oranlarda karışımıyla elde edilir. Agregalar olarak veya kum tanesi olarak kullanılan kireçtaşı, pürüzlü ve gözenekli yüzey yapısıyla reaksiyona girdiği çimento matrisinin yapışma özelliğini kuvvetlendirerek mekanik çekme mukavemetini artırır. Agregalar olarak kullanılan kalsitik kireçtaşları betonun %70-75'ini oluşturmaktadır (Arslan ve Demir, 2005).

Agregalara öncelikle TS 3530 EN 933-1 standardına göre elek analizi yapılarak gradasyon eğrisi çizilir ve bu eğriye göre reçete hazırlanmalıdır. Gözeneklilik ve donma kabiliyeti için bir ölçü olan su emme oranı %2,5-3'ü geçemez. Agregalardaki su emme deneyi TS 3526'ya göre yapılmaktadır (Ünal, 2005).

2.2.1.2 Kalsitik Kireçtaşlarının Yol Yapımında Kullanımı

Kalsitik kireçtaşları yol yapımında agrega olarak kullanılacaksa TS EN 13242 standardına uygun olması gerekmektedir. Bu standarda göre yol inşaatlarında kullanılacak kireçtaşı agregası kübik formda, temiz, kırılmaya, çarpmaya, aşınmaya, donmaya mukavim olmalıdır. Ayriyeten kil, şist, toprak, çözünür tuzlar, alkali tuzlar ve organik madde içermemelidir. Geleneksel olarak taban agregasında 37,5 mm'den az gradasyon oranı %15'den az olmalıdır (Lokman, 1999).

2.2.1.3 Kalsitik Kireçtaşlarının Çimento Hammaddesi Olarak Kullanımı

Çimento, CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve eser halde MgO ihtiva eden, esas itibariyle kireçtaşı ve kil karışımı olan, klinkerleşme sıcaklığına kadar ısıtıldıktan sonra gereğinde alçı tras vb. katkı maddeleri de karıştırılıp öğütülerek toz halinde elde edilen bir malzemedir. En önemli özelliği %11-15 su ile karıştırıldığı zaman belli bir süre sonra sertleşerek etrafındaki malzemeleri birbirine yapıştırmasıdır (Çelik, 2008).

Normal bir çimento bileşimi şu şekildedir:

CaO + SiO ₂	: %84
Al ₂ O ₃ + MgO + Fe ₂ O ₃	: %12
SO ₃ + N ₂ O + K ₂ O + Mn ₂ O ₃ + TiO ₂ + P ₂ O ₃	: %4

Türkiye'de çimento üretimine ilişkin ilk geliştirilen standart 1959 yılının 6/640 numaralı standardıdır. Bu standart'ta değişik portland çimento, yüksek fırın cüruf çimentosu gibi çimento türlerine ilişkin üretim standartları belirlenmiştir. 1975 ve 1985 yılları arasında eski standartları iptal eden ve çimento çeşitlerini 6'dan 11'e çıkaran 6 farklı standart geliştiren Türkiye, 2000 yılında Avrupa standartlarını norm haline getirmiş ve EN 197 standardını benimsemiştir. Bu standart çerçevesinde CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV ve CEM V tipleri tanımlanmıştır. Ayrıca yeni katkı maddelerinin standartları ile yeni kimyasal, fiziksel, mekanik test metot ve uygulamaları da TS EN 197 kapsamındadır (İnt.Kyn.4).

Kireçtaşlarının çimento hammaddesi olarak kullanılabilmesi için yapısında bulunan CaO, SiO₂, MgO, Al₂O₃ ve K₂O değerlerinin TS EN 197'ye göre bazı sınır değerlerde istenmekte olup, SiO₂ içeriğinin %15'ten az MgO ve K₂O içeriklerinin %5'ten az, CaO içeriğinin %45'ten fazla, Al₂O₃ içeriğinin %11'den az, Fe₂O₃ içeriğinin %8'den az olması gerekmektedir (Tatar, 2003).

2.2.1.4 Kalsitik Kireçtaşlarının Kâğıt Hammaddesi Olarak Kullanımı

Mikronize kalsit özellikle, sigara kâğıdı yazı kâğıtları, duvar kâğıtları ve kartonların üretiminde kullanılmaktadır. Kalsit yağ emme özelliğinden dolayı matbaa mürekkebinin hızlı kurumasını sağlar, sigara kâğıdında kullanılan kalsit kâğıdın daha düzenli yanmasını sağlamaktadır (Çelik, 2008). Ayrıca yüksek beyazlıkta olması, ucuzluğu ve kâğıda kazandırdığı diğer teknik özelliklerden dolayı son 10 yıl içerisinde Avrupa'dan başlayıp tüm dünyada kaolinin yerini alarak kâğıt sektörüne girmiştir (Toraman vd., 2009).

Kalsit, kâğıt imalatında selülozun pişirilmesi sırasında kullanılan sıvının hazırlanmasında kullanılmaktadır. Bu sıvı kalsit ile SO₂ arasında oluşan reaksiyon sonucu meydana gelmektedir. Yazı kâğıdı, duvar kâğıdı ve karton üretiminde %15-30 arasında selüloza katılarak kullanılan kalsit sigara kâğıdı üretiminde %35-40 arasında kullanılmaktadır (Çelik, 2008).

Kalsitin kâğıt üretiminde kullanılması için TS 11653 standardına uygun özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler şunlardır:

CaCO ₃ + MgCO ₃	: %98,87 – 99,75
MgCO ₃	: %0,0 – 1,5
Fe ₂ O ₃	: %0,003 – 0,045
Asitte çözünmeyenler	: %0,11 – 0,99
Özgül ağırlık	: 2,6 – 2,8 gr/cm ³
Tane boyutu	: - 2μ

2.2.1.5 Kalsitik Kireçtaşlarının Boya Hammaddesi Olarak Kullanımı

Boya, bağlayıcı, çözüldürücü, pigment ve yardımcı maddeler olmak üzere 4 ana maddeden oluşmaktadır. Kalsit, boya imalatında yardımcı madde olarak kullanılmaktadır (Çelik, 2008). Kalsit, kullanımı ile yüksek maliyetli TiO_2 kullanımı azalmış böylece boya üretim maliyetleri düşürülmüştür (Karakaş vd., 2009).

Boya imalatında kullanılacak kalsitlerin bazı standartlara uygun olması gerekmektedir. İptal edilmiş olan TS 7047 “Kalsiyum karbonat-Boya Sanayinde Kullanılan” yerine TS 11296 “Dolgu Maddeleri Boyalarda Kullanılan” standartları yayımlanmıştır (Şahin, 2008).

Kalsitin teknolojik özellikleri ve miktarı, üretilecek boyanın özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Sulu boya imalatı için 10 mikronun altında ve çok saf kalsit kullanılmaktadır. Demir oksit oranı da %0,03’den az olması istenir (Çelik, 2008). İnşaat boyalarında iç ve dış kaplamada su bazlı boya sisteminde %25-35 oranında kalsit boya içersinde kullanılmaktadır. Oyuncak boyalarında Ba, Cr ve As belirlenmiş oranlarda olmalıdır. $CaCO_3$ oranı ise en az %90 olmalıdır (Şahin, 2008).

2.2.1.6 Kalsitik Kireçtaşlarının Plastik Sektöründe Kullanımı

Kalsitik kireçtaşları, plastik, plastik poşet, boru, pencere profili, kablo, gibi plastikten mamul birçok ürün üretiminde, gerek doğal öğütülmüş (GCC), gerek sentetik üretilmiş (PCC) şekilde, kaplanmış ya da kaplanmamış halde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Kaplama çoğunlukla stearik asitle bazen de kalsiyum stearatla yapılmaktadır. Kaplama işlemi kalsitin yağ emiciliğini düşürmekte, üretim esnasında çökelmeyi ve üretim ekipmanlarının aşınmasını önlemektedir (Şahin, 1999).

PVC üretiminde asgari %5 kalsit kullanımı gerekli formülasyonun sağlanması bakımından zorunludur. Ancak arzulanan nihai ürüne göre kalsitin karşımdaki oranı %40-50’lere kadar çıkmaktadır. Plastik sektörü ağırlıkla 2 mikron ve altı tane boyutlarında, $CaCO_3$ oranı %98 ve üzeri kaplanmış ürün kullanmaktadır. Özellikle PVC

üreticilerinin tercih ettiği 1 mikron altı kaplanmış mikronize kalsit üretimi, diğer tane boyutlarına göre daha zor üretilmekte fakat bununla beraber satış fiyatı iri taneli ürünlere göre birkaç kat artmaktadır (Şahin, 2008).

2.2.1.7 Kalsitik Kireçtaşlarının Gıda ve Tavuk Yemi Sektöründe Kullanımı

Mikronize kalsit, bisküvi, ekmek, çiklet v.b. gıda maddelerinde, kimyasal saflığı ve rengi nedeniyle maliyeti düşürücü, dolaylı kalsiyum kaynağı olarak kullanılmaktadır (DPT, 2001.b).

Ca, hayvanların kemik ve diş büyümeleri için gerekli olduğundan yemlerinde dolgu maddesi olarak kullanılır. CaCO_3 en az %92, SiO_2 oldukça düşük olmalı ve As ve F gibi elementler belirli oranlarda olmalıdır. Boyut ise civciv yemi için 400 mikron, büyük kümes hayvanı için 3 mm olmalıdır. Kullanılacak malzemede yabancı madde oranı en fazla %3 olmalıdır. TS 8606 \ T1 “Hayvan Yemleri- CaCO_3 Bileşikleri”, TS 8599 \ T1 “Hayvan Yemleri-Yalama Taşı”, TS 9699 “Hayvan Yemleri-Tavuk Yumurta Yemi” TS 8880 “Yem Katkı Maddeleri-Asit Düzenleyiciler-Kalsiyum Karbonat Tayini” standartları bu amaçlar için hazırlanmıştır (Şahin, 2008).

2.2.1.8 Kalsitik Kireçtaşlarının Seramik Sektöründe Kullanımı

Seramik hammaddesi olarak kullanılan kalsit türleri, seramik çamurlarında artan sıcaklık ile birlikte gözenekliliği azaltır. CaO sırdaki SiO_2 ile reaksiyona girerek bir ara tabaka oluşturur. Bu ara tabaka sır ve seramik çamuru arasındaki gerilimi karşılayıp sır çatlağının oluşmasını önler Böylece CaO ile sırn yüzey sertliği artar (Demir, 2003).

Kalsit seramik sektöründe şu anda düşük oranda kullanılmasına karşın yapılan bazı çalışmalar kalsitin artması ile seramikte bazı özelliklerin arttığını göstermektedir. Ghosh vd. (2002), kalsit oranı arttıkça seramiğin mikroyapısına daha yüksek mekanik mukavemet sağlayan, termal şok direncini iyileştiren, düşük termal genleşme ve daha yüksek elektriksel özellikleri veren vollastonit fazını oluşturduğunu bildirmişlerdir.

2.2.1.9 Kalsitik Kireçtaşlarının Kireç Üretiminde Kullanımı

Kireç antik çağlardan beri bilinen ve çok yönlü kullanımı olan bir maddedir. Kireç üretiminin hammaddesi kireçtaşıdır. (Erol ark, 1998).

Kireç, kireçtaşının fırınlarda 950-1000 °C civarındaki sıcaklıklarda formül 2.4'deki gibi kalsine edilmesi ile elde edilmektedir (Kılıç ve Anıl, 2005).



Reaksiyon ürünü kalsiyum oksit veya diğer ismi ile sönmemiş kireç (CaO) bu haliyle kullanıldığı gibi, suyla formül 2.5'teki gibi reaksiyona girmiş sönmüş toz kireç (Ca(OH)₂) şeklindeki kullanımı da oldukça yaygındır (Kılıç ve Anıl, 2005).



Kireç üretiminde kullanılacak kireçtaşlarının TS 11669 standardına uygun olması gerekmektedir. Bu standarda göre CaCO₃ en az %90, MgO en çok %5, ateşle çözünen madde (SiO₂ dahil) en çok %2,5, metal oksitler (Al₂O₃ + Fe₂O₃) en çok %1,5 ve SO₃ en çok %1 olmalıdır. Kireçtaşları kireç üretimi için belirli boyutlarda hazırlanması gerekmektedir. Bu boyutlar kireç üretim yöntemlerine göre değişiklik gösterir. Eski tip yamaç ocaklarında kireç üretimi için 100-150 mm boyutlarında kireçtaşları hazırlanırken yeni nesil maerz tipi çift şaftlı kireç fırınlarında 45-90 mm boyutlarında kireçtaşları hazırlanmalıdır.

2.2.2 Dolomitik Kireçtaşlarının Kullanım Alanları

Dolomit, fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak endüstride birçok alanda kullanılır. Bunların en önemlileri aşağıda belirtilmiştir.

- 1- Yol yapımında ve beton üretiminde dolgu maddesi olarak
- 2- Metalurji ve demir çelik sektöründe
- 3- Çimento fabrikalarında fırın tuğlası olarak

- 4- Cam üretiminde viskozite ayarlayıcı olarak
- 5- Refrakter malzeme olarak

Kullanım alanlarından en önemlileri refrakter malzeme imali ve kalsine edildikten sonra çelik üretiminde istenmeyen safsızlıkların cürufa geçmesini sağlamak amacıyla ergitici olarak kullanımıdır (Kuşçu, 2001). Bu nedenle, dolomitin en çok tüketildiği endüstriler, cam, soda, refrakter ve demir-çelik'tir.

Esas olarak çoğu refrakterlerin ana pazarı demir çelik endüstrisidir. Ancak bunun yanı sıra dolomit refrakter ürünleri çimento döner fırınlarında, dik kireç fırınlarında ve dolomit döner fırınlarında refrakter malzemesi olarak da kullanılmaktadır (DPT, 2001.a).

2.2.2.1 Dolomitik Kireçtaşlarının Yol Yapımı ve Beton Üretiminde Kullanımı

Dolomitik kireçtaşlarının yol yapımında agrega olarak kullanılması için TS EN 13242 standardına uygun olması gerekmektedir. Bu standarda göre agreganın şekli kübik formda, gradasyon oranı %15'ten az, kil oranı %15'in altında ve çarpmaya, aşınmaya, donmaya mukavim olmalıdır.

Dolomitik kireçtaşları beton üretiminde agrega olarak dolgu amacıyla kullanılmaktadır. Agregalı betonun %70-75'lik kısmını oluşturmaktadır. Dolomitik kireçtaşlarının beton üretiminde kullanılması için de TS EN 1097 "Agregalar Deney Metodları" ve TS 706 "Beton Agregalar" standartlarına uygun olması gerekmektedir. Bu standartlara göre betonda kullanılacak agregaların su emme oranı %3'ten az, çok ince malzeme miktarı %3'ten az, yassılık indeksi %50'den az, şekil indisi %55'ten az, aşınma direncinin tayini için kullanılan Mikro-Deval katsayısının %35'den az, parçalanma direncinin tayini için kullanılan Los Angeles katsayısının %50'den az, dona dayanıklılık tayini için kullanılan magnezyum sülfat değerinin %35'den az ve $MgCO_3$ oranı %20'yi geçmemesi istenmemektedir (Güleç, 1971).

Hadley (1967), bu mekanizmalarda dolomit kristallerinin direkt genişlemeye sebep olduğunu ve dolomit kristali üzerinde dolomitizasyon esnasında 100 günde %0,15 genişleme olduğunu belirtmiştir.

2.2.2.2 Dolomitik Kireçtaşlarının Metalurji ve Paslanmaz Çelik Sektöründe Kullanımı

Çoğu çelik üretim cürufları başlıca CaO, MgO, SiO₂ ve FeO içerirler. Düşük fosforlu çelik üretim pratiklerinde bu oksitlerin sıvı cüruf içindeki toplam konsantrasyonları %90 civarındadır. Bu nedenle çelik üretim cürufları en basit olarak CaO-MgO-SiO₂-FeO dörtlü sistemi olarak değerlendirilir. Cürufta CaO'nin çözünürlüğü, cürufun di kalsiyum silikatla doymuş olmasıyla sınırlıdır. Bu nedenle cürufta her zaman üzeri ince di kalsiyum silikatla kaplı çözünmemiş kireç parçaları vardır (Arısoy vd., 2003).

Dolomitlerin çelik üretiminde kullanılma nedeni yapısında bulunan Mg'un yüksek refrakterlik özelliğinden, kabul edilebilir düzeydeki hidrasyon direncinden, yüksek sıcaklık ve bazik ortamlardaki kimyasal kararlılığından kaynaklanır (Bilgiç, 2001).

Dolomitler hammadde olarak kullanıldığı sinterleme işlemi ile demir cevherlerine iyi özellikler kazandırılmakta, doğrudan kullanılamayan demir cevheri tozlarının ve tufal, baca tozu gibi atık duruma gelmiş diğer demirli maddelerin, günümüzün sıvı ham demir üretim prosesi olan yüksek fırınlarda kullanılabilmesi sağlanmaktadır (Göksu, 2006).

Yüksek fırınlarda ve sinterleme işlemlerinde kullanılacak olan dolomitlerde kimyasal özellik olarak minimum %19-21 arasında MgO, maksimum %29-34 arasında CaO, minimum %2,8 oranında Al₂O₃+SiO₂ olması gerekmektedir. Ateş zaiyatının %46,38, nem oranının %3'ü aşmaması gerekmektedir. Sinterde kullanılacak dolomitlerin 0-80 mm, yüksek fırınlarda kullanılacak dolomitlerin 5-35 mm, çelikhanede kullanılacak dolomitlerin tane boyutu 35-60 mm boyut gurubunda olması gerekmektedir (DPT, 2001.b).

2.2.2.3 Dolomitik Kireçtaşlarının Çimento Sektöründe Kullanımı

Dolomitin diğer bir kullanım alanı çimento fırınlarıdır. Günümüzde çimento fırınları yanma zonlarında kullanılan magnezyum-krom tuğlalarının çevreye zararlı etkilerinden dolayı, bu refrakterler yerine dolomit refrakterlerinin kullanımı gittikçe artmaktadır. Çimento fırınlarında kullanılan magnezyum-krom tuğlalar, hegzavalent (Cr^{+6}) krom içeren zararlı artıklar oluşturmaktadırlar. Bu iyon refrakter tuğla yüzeyinde atmosfer koşullarında çözünebilen kansorejen bileşikler oluşturmaktadır.

Gerek çevre kirliliği baskısı gerekse teknik olarak karlılıktan uzaklaşma, refrakter imalatçıların iki alternatif üzerinde yoğunlaşmalarını gerektirmiştir. Bunlar; magnezya-spinel ve dolomit magnezya tuğlalarıdır. Bu konu ile ilgili olarak yapılan testler, magnezyaca zengin dolomit tuğlalarının çimento fırınlarında mükemmel özellikler gösterdiği saptanmıştır (DPT, 2001.a).

2.2.2.4 Dolomitik Kireçtaşlarının Cam Üretiminde Kullanımı

Dolomitlerin cam üretiminde kullanılma sebebi camın viskozitesini ve ergime noktasını azaltmasıdır. Böylelikle camın işlenebilirliği kolaylaşıp üretim maliyetlere düşürülmüş olur. Ayrıca cam yünü imalinde dolomit ısı ve ses izolasyonuna yardımcı olmaktadır. Cam üretiminde kullanılan dolomitlerde herhangi bir fiziko-mekanik özellik istenmez kimyasal bileşim ve boyut önemli noktadır.

Dolomitlerin cam sanayinde kullanılması için TS 10720 “Cam Sanayinde Kullanılan Dolomitler” standardına göre MgO minimum %18, CaO maksimum %35, Fe_2O_3 maksimum %0,1, SiO_2 maksimum %1 ve Al_2O_3 maksimum %0,1 olması gerekmektedir.

Isı ve ses izolasyonunda kullanılacak cam pamuğu imali için kullanılan dolomitlerde aranılan özellikler Çizelge 2.1’de verilmektedir (DPT, 2001.a).

Çizelge 2.1 Isı ve ses izolasyonunda kullanılacak cam pamuğu imali için kullanılan dolomitlerde aranılan özellikler (DPT, 2001.a).

Eleman	Min (%)	Max (%)
MgO	10	13
CaO	16	21
Al ₂ O ₃	8	12
Fe ₂ O ₃	2	3
SiO ₂	24	32
Ateş Zaiyatı	26	29

2.2.2.5 Dolomitik Kireçtaşlarının Refrakter Malzeme Üretiminde Kullanımı

Dolomitlerin refrakter malzeme olarak kullanılmalarının asıl sebebi hidrasyon direncinden, yüksek sıcaklık ve bazik ortamlardaki kimyasal kararlılığından ve yapısında bulunan Mg'un yüksek refrakterlik özelliğinden kaynaklanır. Dolomitler bazik refrakter tuğla üretiminde kullanılmaktadır (Bilgiç, 2001).

Ham dolomitler, dead burned dolomit işlemi için -25 + 5 mm boyut aralığına kırılarak, fırına şarj edilir. Dik fırın kullanılması durumunda, +50 mm'den büyük parçaların kullanılması gerekmektedir. 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 spesifik malzeme konsantrasyonları değişir. Bu tip katkılı refrakter dolomitlere zengin dead burned dolomit adı verilir (DPT, 2001.a).

Refrakter malzeme olarak kullanılacak dolomitik kireçtaşlarında aranacak özellik kimyasal bileşimdir. Burada TS 9126 ve standartlarına uygunluğuna bakılmalıdır. Bu standartlara göre refrakter malzeme olarak kullanılacak dolomitlerde MgO oranı 30-40, CaO oranı %57-62, Al₂O₃ oranı %0,5-3, Fe₂O₃, %1, SiO₂ oranı %1-6 olması gerekmektedir.

2.3 Kireç Üretimi ve Teknolojik Özellikleri

Kireç ve kireçtaşı tarih öncesi çağlardan beri kullanılmaktadır. Taş devrinde ilkel insanın silahları ve aletleri kireçtaşından yapılmıştır. İlkel insan kireçtaşını yakmış, oluşan kirecin üzerine yağmur yağmış ve sönmüş kireci elde etmiştir (Pişkin, 2005).

2.3.1 Kireç Üretim Yöntemleri

İlk kez kalsinasyon teorisi Joseph Black tarafından 18. yüzyılda ortaya atılmıştır ve Lavoisier bu teoriyi geliştiren bilim adamıdır. 18 yüzyıl başlarında ilk kireç ocakları işletilmeye başlamıştır (Pişkin, 2005). Günümüze kadar pek çok kireç üretim yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en önemlileri aşağıda sıralanmaktadır:

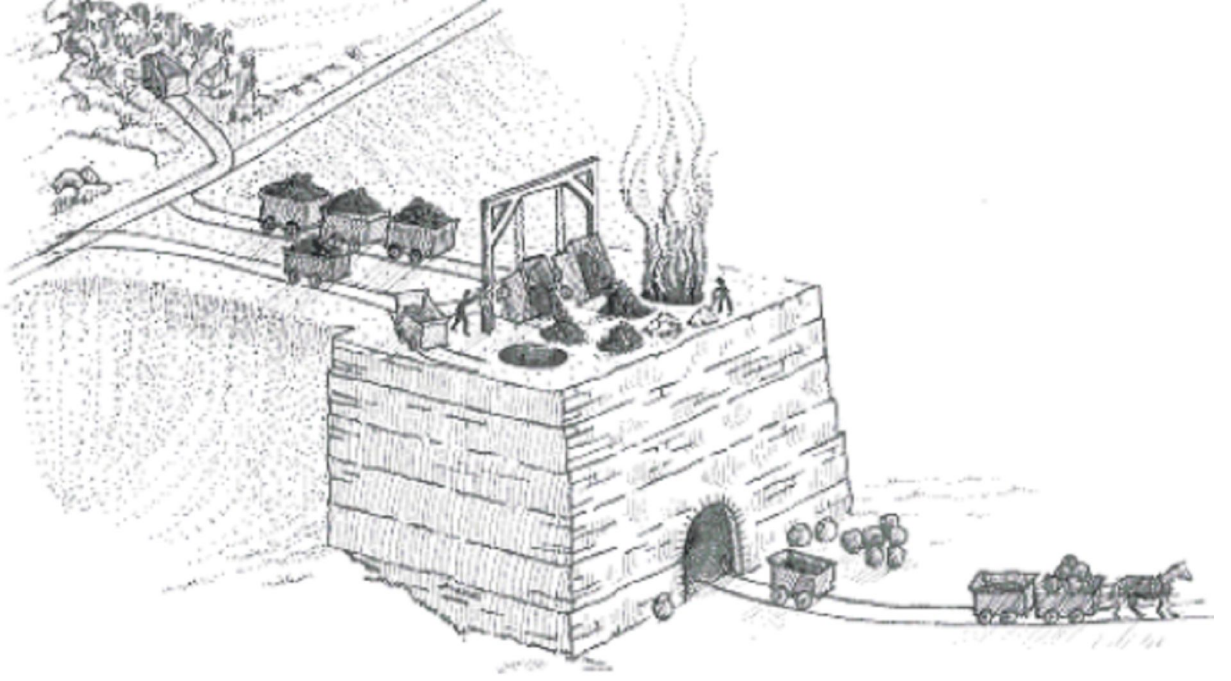
- 1- Yamaç ocaklarında kireç üretimi
- 2- Karışık beslemeli fırınlarda kireç üretimi
- 3- Hoffmann Horizontal Ring fırınlarında kireç üretimi
- 4- Döner fırınlarda kireç üretimi
- 5- Dikey saftlı Eberhart tipi fırınlarda kireç üretimi
- 6- Paralel akışlı Maerz fırınlarında kireç üretimi

2.3.1.1 Yamaç Ocaklarında Kireç Üretimi

Kireç fırınlarının tarihçesi eski Mısır ve Babil'e dayanır. Ur şehri civarında bulunan ilk fırın M.Ö. 2000 yılına aittir.

Kireç fırını, Şekil 2.4'de görüldüğü gibi genellikle bir tepenin yamacında kurulur, kireçtaşı beslemesi yukarıdan yapılırdı. Alttan çekilen ve manüel imkânlarla soğutulan kirecin yarısı çok veya az pişmiş; kalanı ise orta kalitedeydi. Yakıt olarak ağaç kullanıldığında (çalı kireci) alev uzar (yumuşar) ve aşırı pişen kireç oranı kısa (sert) alevli kömüre göre daha az olurdu. Her boşalma sırasında anormal derecede ısı kayıpları

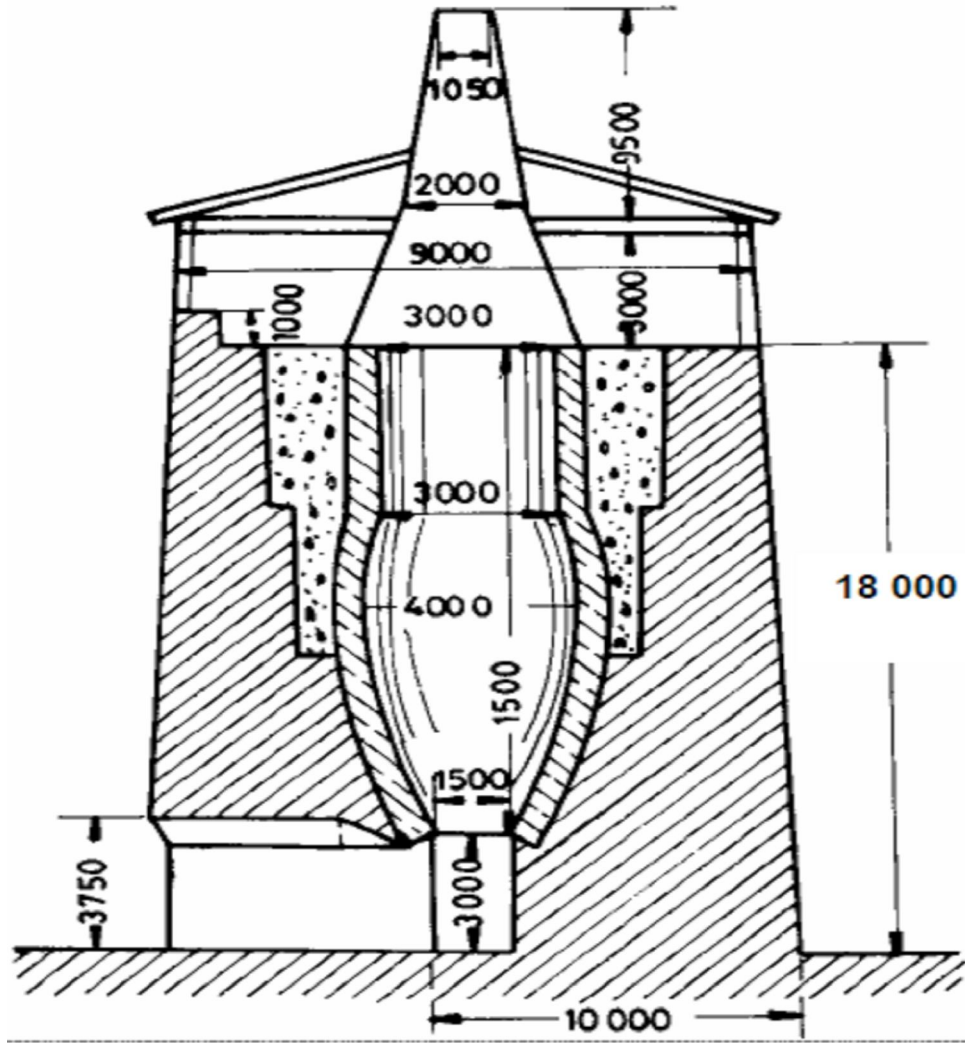
olduğu gibi ayrıyeten atık gazdan da ısı geri kazanılmazdı. Yanma gazları önemli ölçüde çevre sorunları yaratırdı (Lokman, 1999).



Şekil 2.4 İlkel yamaç ocağı (Ün, 2007).

2.3.1.2 Karışık beslemeli fırınlarda kireç üretimi

Karışık beslemeli fırınlar 1935-1965 yılları arasında kullanıldı. Bu fırınlarda belirli boyutlara getirilen kireçtaşı kömürle beraber fırına beslenir ve yakma işlemi başlatılırdı (Şekil 2.5). Yakma işlemi tamamlandığında pişen kireç boşaltma bölümünden alınırdı. Bu fırınların üretimi ile beraber bazı mekanize sistemler ilk kez kullanılmıştır.



Şekil 2.5 Eski tip sürekli karışık beslemeli fırın kesiti (Lokman, 1999).

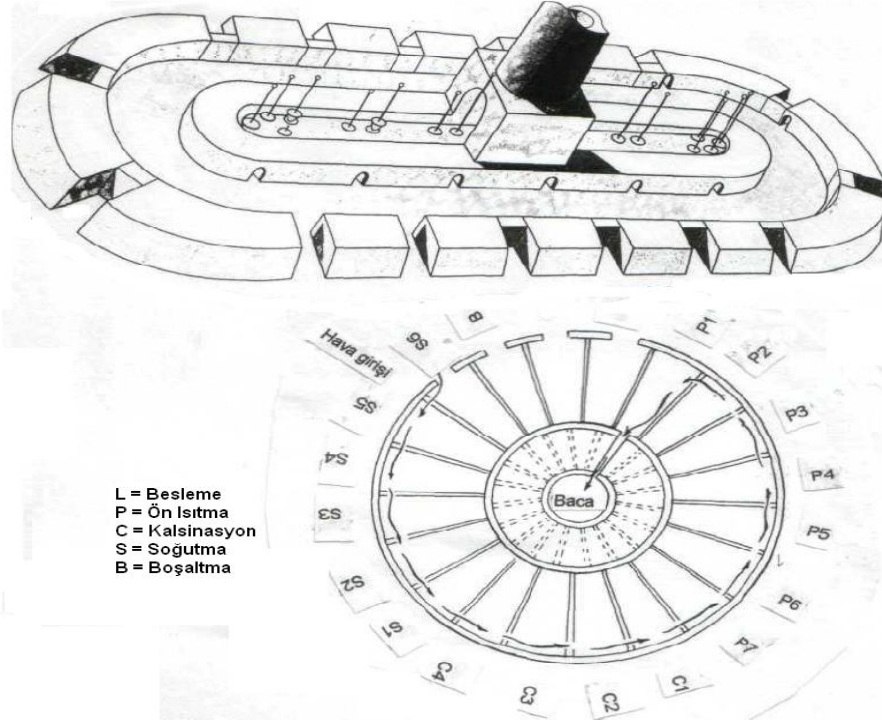
Uzunluk birimleri mm'dir

2.3.1.3 Hoffmann Horizontal Ring Fırınlarında Kireç Üretimi

Hareketli tablalara doldurulan kireçtaşı, Şekil 2.6'da görüldüğü gibi birbiriyle bağlantılı 20 adet horizontal kamera içinden belli bir hızla geçmektedir.

Halka şeklinde dizilen kameraların (toplam 350 m) bazıları ön ısıtma; bazıları kalsinasyon; bazıları ise soğutma görevini üstlenmiştir. Birinci kamaraya kireçtaşı hareketinin ters istikametinde verilen soğutma havası, daha sonra kalsinasyon ve ön ısıtma bölgelerini (kamaralarını) geçip bacada dışarı atılmaktadır. Kalsinasyon bölgesindeki kameralara

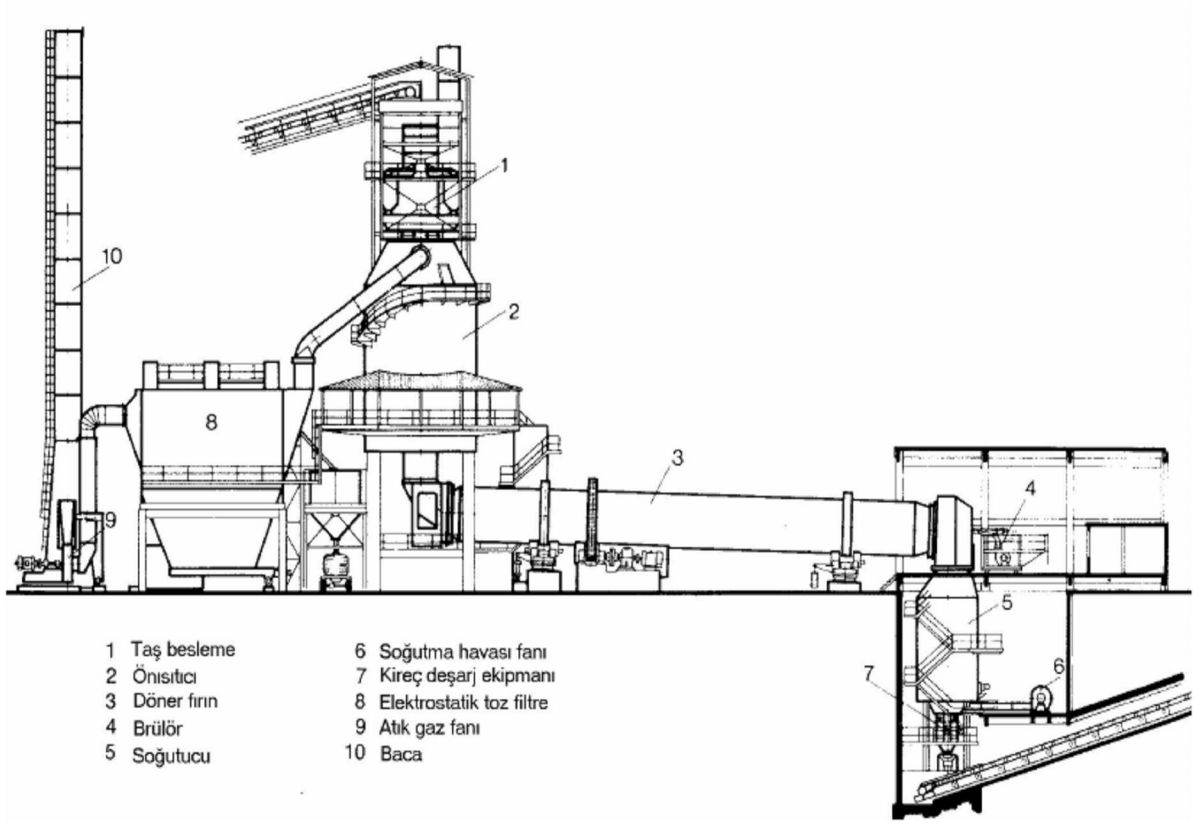
tavandan yakıt alevi verilmektedir. Çok iyi kalitede yumuşak pişmiş kireç üreten bu fırınlarda ısı tüketimi 900-1900 kcal/kg-CaO arasında değişmektedir (Ullmanns, 1977).



Şekil 2.6 Hoffmann Horizontal Ring Fırını (Lokman, 1999).

2.3.1.4 Döner Fırınlarda Kireç Üretimi

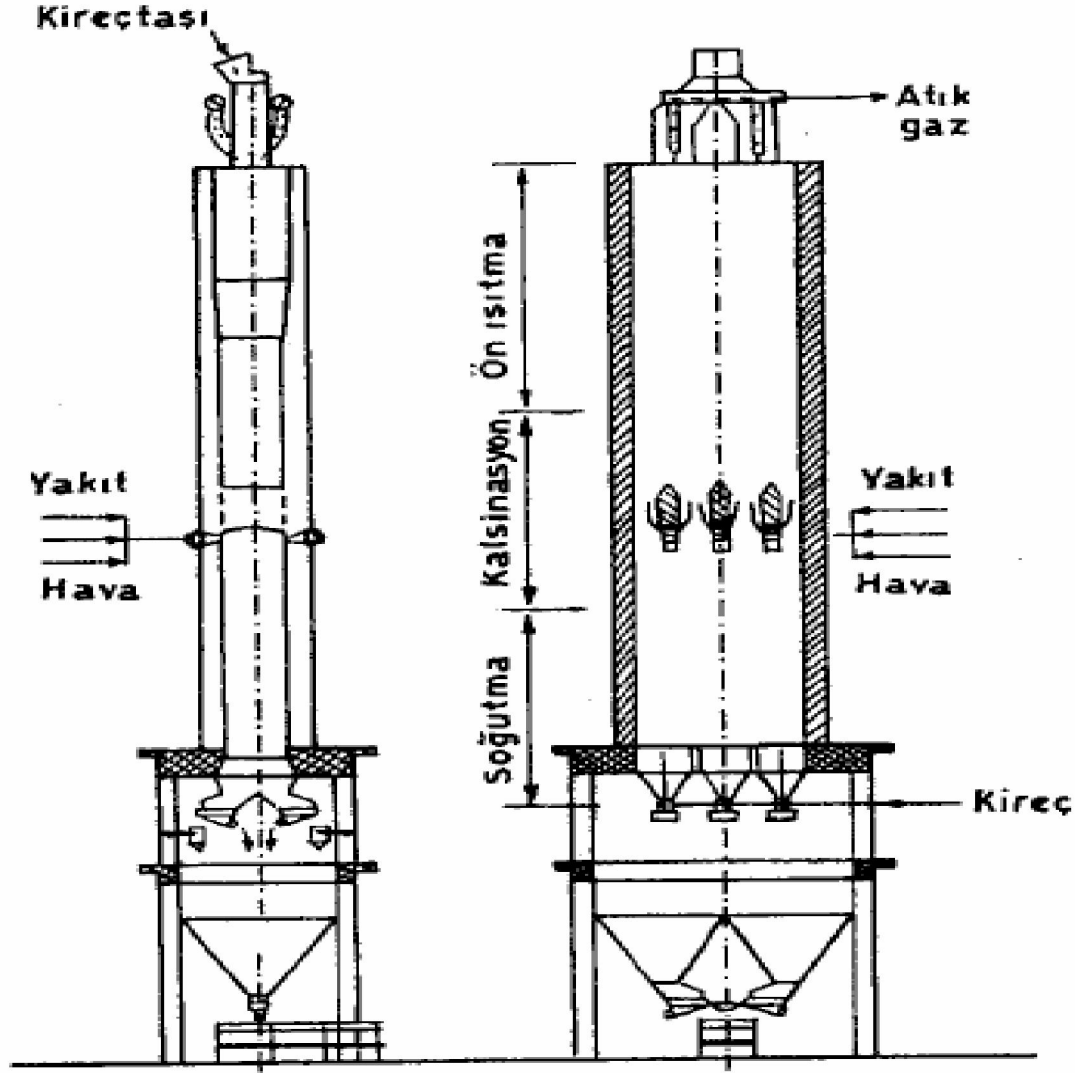
Çimento üretimi için geliştirilen döner fırınlar (Şekil 2.7) 1885'ten itibaren kireçtaşı kalsinasyonu için de kullanılmaya başlandı. İlk yatırım giderleri yüksek olan döner fırınlar, yalnızca 60 mm taş ebadına kadar kalsinasyon yapabiliyordu.



Şekil 2.7 Ön ısıtılmalı döner kireç fırını (Wiemer, 1975).

2.3.1.5 Dikey Şaftlı ve Eberhart Tipi Fırınlarda Kireç Üretimi

Dikey şaftlı ve Eberhart tipi kireç fırınlarında (Şekil 2.8) daha çok 4-20 cm boyutundaki kireçtaşı fırın taşı olarak alınmak sureti ile tasnif edilmekte; fırında meydana gelebilecek tıkanıklıklar minimuma indirilmekte ve kireçtaşının homojen kalsinasyonu sağlanmaktadır. Ancak yatay (rotary) fırınlarda daha küçük boyutlu kireçtaşları (-4 cm) da kalsine edilebilmektedir (Kılıç ve Anıl, 2005).



Şekil 2.8 Dikey fırın kesiti (Oates, 1998).

2.3.1.6 Paralel Akışlı Maerz Fırınlarda Kireç Üretim

Kapasiteleri günlük 100-600 ton arasında değişen paralel akışlı Maerz fırınları (Resim 2.5), ısı verimi açısından kireç fırın tarihinin en yüksek ve en istikrarlı fırın tipidir. En önemli özelliği çekirdek oranı düşük ve yumuşak pişmiş kireç üretebilmesidir.



Resim 2.5 Paralel akışlı Maerz fırını (Adaçal Endüstriyel Mineraller AŞ.).

Yumuşak pişmiş kireç üretimi için kireç yüzey ısısı 1100-1150 °C'yi aşmamalıdır. Aksi takdirde yüzey rekarbonasyona uğrar ve gözenekler kapanır ($\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3$). Diğer taraftan ters akışlı ve yanmanın daha çok alt kalsinasyon zonunda gerçekleştiği fırınlarda kalsinasyon bölgesinin üst sınırına giren taş ve çıkan yanma gazları, burada 810 °C gibi ortak bir ısıya sahiptir (Sül vd., 1996).

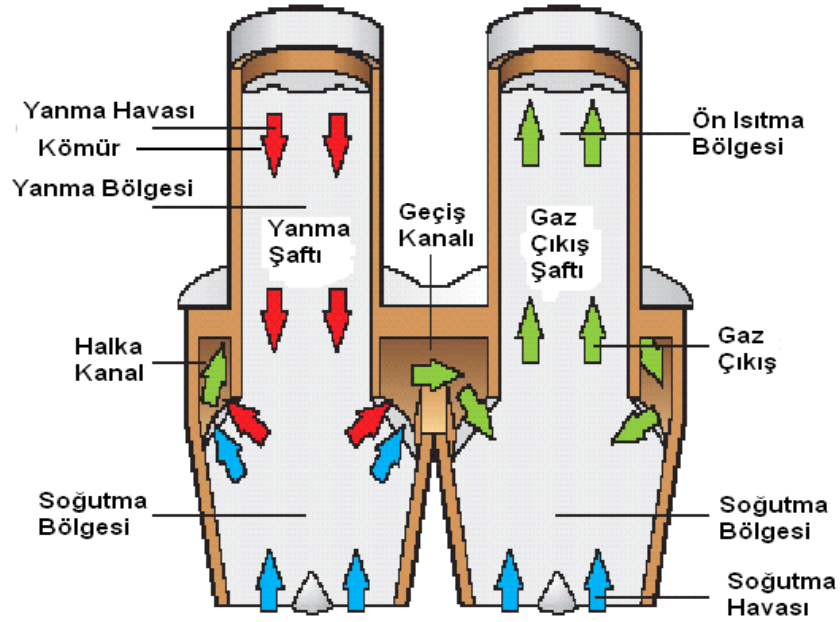
Kalsinasyon bölgesinin alt sınırında ise gaz (hava) sıcaklığı yaklaşık 1400 °C'ye erişmişken taşın sıcaklığı daha 1150 °C'dir. Gaz ve taş sıcaklıkları arasındaki bu büyük fark, yatakta aşırı yanmış kısımların oluşmasına yol açar (Kılıç, 2005).

Maerz fırınlarında yüksek ısı veriminin ana nedeni, fırın yakma havasının ön ısıtma bölgesinde (kalsinasyon zonundan gelen) ısı fazlasını tamamen kullanabilmesi; buna

mukabil diğer şaft fırınlarında sekonder yakma havasının kalsinasyon zonunun altındaki soğutma bölgesinden geçerken yeterli ısıyı bulamamıştır.

Şekil 2.9’da görüldüğü gibi fırın, birbirine bir kanalla bağlı iki silindirik şafttan oluşur (eski tiplerde bazen üç ve bazen dikdörtgen kesit). Prensip, şaftlarda yanmayı dönüşümlü sağlayarak proses de çıkan yanma gazlarını bağlantı kanalından geçirmek ve yanmayan şafttaki kireçtaşı ön ısıtmada kullanmaktır. Şaftlara taş beslemesi, sırayla 8-15 dakikalık sabit periyotlarla yapılır. İlk periyotta birinci şaftta gaz, sıvı ve katı halde olabilen yakıt, tepeden lanslarla (veya yanlardan taş üzerine sarkaçlı sistemle püskürtme yapan fuel-oil enjektörlerle) verilirken, yakma havası yukarıdan kompresörle basılır (paralel akış). Soğutma havası ayrı bir kompresörle her iki şaft altına aynı zamanda verilerek kireci 60-90 °C’ye soğutur.

Kanal bölgesine kalsine olmuş vaziyette inen kireç, alttan boşaltılırken reaksiyon gazları, soğutma havasıyla birlikte 1050°C sıcaklıktaki kanal bölgesinden geçerek ikinci şaftta hazır bekleyen taşı ön ısıtmada kullanılır (regeneratif ısıtma) ve daha sonra bacadan dışarıya atılır. Bu ısının taşta verilmemesi halinde gaz çıkış sıcaklığının 500°C’yi geçeceği hesaplanmıştır (Lokman, 1999).



Şekil 2.9 Marz fırınlarında hava akış yönleri (İnt. Kyn. 2).

2.3.2 Kireç Üretimi İçin Kullanılacak Kireçtaşlarında Aranılan Özellikler

Kireçtaşlarının fiziksel, kimyasal ve mineralojik yapılarının farklı olması, kalsinasyon sonrası farklı kalitelerde kireç üretimine, böylece konvertörde cüruf oluşumu aşamasında arzu edilmeyen sonuçların alınmasına neden olur. Kireç kalitesini belirleyen parametreler; aktif CaO, yabancı elementler ve kızdırma kaybı, parça boyutu, porozite, reaktivite ölçümleridir (Ün, 2007).

Kireç üretimi yapacağımız kireçtaşlarında TS 11669 numaralı kireç imalinde kullanılan kireçtaşı standardına göre mineralojik bileşiminde %90 kalsit (CaCO_3) bulunması gerekmektedir. Bu standarda göre kireçtaşlarının kimyasal özellikleri Çizelge 2.2’de görülmektedir. Ayrıca standarda göre birim hacim kütle sonuçlarına bakılarak yapılacak sınıflama Çizelge 2.3’de belirtilmiştir.

Çizelge 2.2 Kireç imalinde kullanılacak kireçtaşlarının kimyasal özellikleri (TS 11669).

Özellikleri	% (Kütlece)
CaCO_3	en az 90,0
MgO	en çok 5,0
A,C,M Ateşle çözünen Madde (SiO_2 dahil)	en çok 2,5
R_2O_3 (Metal oksitleri) ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$)	en çok 1,5
SO_3	en çok 1,0

Kireç üretiminde kullanılacak kireçtaşlarında kimyasal özellik dışında birim hacim ağırlıkta oldukça önemlidir. Kayacın birim hacim ağırlığı azaldıkça kayaç içerisindeki porozite artmaktadır. Porozite artışı ile de kayaç pişirilirken açığa çıkan CO_2 kireç taşı gözeneklerinden kolaylıkla çıkarak kireçtaşının kalsinasyonunu hızlandırmaktadır. Çizelge 2.3’e göre birim hacim kütlesi en düşük olan kireçtaşları 1. sınıf yani kireç üretiminde ilk sırada tercih edilen kayaç türü olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 2.3 Kireç imalinde kullanılacak kireçtaşlarının standarda göre sınıflandırılması
(TS 11669).

Sınıf	Birim Hacim Kütle (kg/ m ³)
1. Sınıf	En az 1760
2. Sınıf	En az 2161
3. Sınıf	En az 2560

2.4 Cam Üretimi

Cam, sözlüklerde amorf bir nesne olarak tanımlanmaktadır. Cam, basit bir şekilde, kırılğan ve şeffaf bir malzemedir. Işığı geçirme kapasitesi olduğundan diğer yüzeyindeki görüntüleri algılamamızı sağlar (Keskin, 2007). Genel tanımı ise, organik ve inorganik kökenli hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılması sonucu elde edilen karışımın, yüksek sıcaklıklarda ergitilmesiyle meydana gelen, viskozitesi yüksek, homojen ve saf eriyiğin oda sıcaklığında kristalleşmesine imkân vermeden ani bir şekilde soğutulmasıyla oluşan yarı düzenli (amorf) bir yapıya sahip malzemeye cam denir. Cam üretilirken kesinlikle kristalleşmesine müsaade edilmemelidir. Yarı cam, yarı düzgün malzemenin, ne ısısal şok dayanımları, ne mukavemetleri, ne de kimyasal dayanımları iyi olacaktır. Cam, monolitik, yani her yerinde tamamen aynı özellikler gösteren bir malzemedir (Eşsiz, 2003).

2.4.1 Cam Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Hammadde, cam üretiminde en önemli unsurlardan birisidir. Hammadde üretimin başlangıç noktası konumundadır. Bu noktada düşük kaliteli hammadde kullanımı nedeniyle gelebilecek herhangi bir hatayı prosesin ileri kademelerinde gidermek ya mümkün olmaz ya da çok büyük zaman, üretim ve para kaybına yol açar (Çankal, 1999). Cam üretiminde kullanılan hammaddeler aşağıda sıralanmıştır:

- 1- Kuvars
- 2- Soda

- 3- Kireçtaşı
- 4- Dolomit
- 5- Sodyum feldspat

2.4.1.1 Kuvars

Cam yapıcı oksitlerden olan SiO_2 'nin doğada bulunduğu kayalardan en yoğun bir şekilde temsil edildiği cam hammaddesidir. Bu çeşit bir silis kaynağı, belli bir boyuta indirilerek cam harmana katılır. Bu boyut genellikle 0,074-0,5 mm arasında olmaktadır (Çankal, 1999).

Cam üretiminde kullanılacak silis kaynaklarında aranan diğer bir özellikte kimyasal bileşimdir. Kimyasal özellik olarak kuvars içindeki Fe_2O_3 ve SiO_2 oranına bakılmaktadır. Kuvars içindeki SiO_2 oranı min %99,5 olması istenir ve bu analiz TS 2979 standardına uygun olarak yapılmalıdır. Kuvars içindeki Fe_2O_3 oranı tayini için TS 3130 standardı kullanılır ve max. %0,015 olması istenmektedir (Haner, 2004).

Kuvars, ergimiş haldeki camın viskozitesini, termal şoka girme direncini, başta asitler olmak üzere kimyasal dayanıklılığını arttırarak soğumuş haldeki cama camsı özellik kazandırır (Çankal, 1999).

2.4.1.2 Soda

Günlük kullanımda soda olarak bilinen sodyum karbonat, eritici ve tadil edici oksitler grubundan sodyum oksidi (Na_2O) sağlayan cam hammaddesidir. Ergime derecesi kuvarsa göre oldukça düşük olan soda, fırında silis taneciklerini kuşatıp, daha düşük sıcaklıklarda erimesine yardımcı olmaktadır (Çankal, 1999).

Cam üretiminde kullanılacak sodanın %99 saflıkta ve 0,5 mm boyutta olması istenmektedir.

Soda, camın termik şoka direncini, ergime sıcaklığını, mekanik dayanıklılığını, kimyasal dayanıklılığını azaltır. Camın yumuşak olmasını dolayısıyla çabuk şekil alabilmesini sağlar. Ayrıca ergimiş camın akıcılığını ve ısı genleşme katsayısını arttırmaktadır (Çankal, 1999).

2.4.1.3 Kireçtaşı

Kireçtaşı, cam yapısında tadil edici oksitlerden olan kalsiyum oksit (CaO) kaynağı olarak harmana katılır.

Kireçtaşlarının cam imalinde kullanılabilmesi için TS 4033 standardına uygun olarak kimyasal analizi yapılması gerekmektedir. Kireçtaşlarının cam imalinde kullanılabilmesi için TS 4746 standardında belirtilen özelliklerde olması gerekmektedir. Bu standarda göre kalsit içinde CaO oranı min. %55, Fe_2O_3 oranı max. %0,01 olması gerekmektedir. Diğer geri kalan kısım ise MgO olarak bileşime girebilmektedir. Direkt CaO kaynağı olarak kullanılması gereken kireçtaşlarında MgO miktarı %1'in üzerinde olamaması gerekmektedir. Cam imalinde kullanılacak kireçtaşlarının tane boyutu 0,074-1,6 mm arasında olması istenmektedir (Çankal, 1999).

Kireçtaşlarının yapısındaki CaCO_3 , camın kimyasal dayanıklılığını, devitrifikasyon sıcaklığını, mekanik özelliklerini ve katılaşma hızını arttırmaktadır. Ayrıca camın yüksek sıcaklıklarda viskozitesini de düşürmektedir (Çankal, 1999).

2.4.1.4 Dolomit

Dolomit yapısı itibarıyla kireçtaşı (CaCO_3) ve magnezit (MgCO_3) arasında bir kompozisyona sahip cam hammaddesidir. Teorik olarak kimyasal bileşimindeki CaO/MgO oranı 1,7'den küçük olan kireçtaşlarına dolomit denmektedir (Çankal, 1999).

Dolomit, ısıtıldığında içindeki magnezyum karbonat, 780 °C civarında, CO_2 gazı çıkışı ile MgO 'e dönüşür. Sıcaklığın 900 °C'ye ulaşmasıyla CaCO_3 'de CO_2 gazı ile bozunarak, tümü kalsiyum oksit- magnezyum oksit (CaO , MgO) haline dönüşür.

Dolomitlerin cam imalinde kullanılabilmesi için TS 10720 standardına uygun olması gerekmektedir. Bu standarda göre MgO oranı min. %18, CaO oranı max. %35, Fe₂O₃ oranı max. %0,1 SiO₂ oranı max. %1 ve Al₂O₃ oranı max. %0,1 olması gerekmektedir. Tane boyutu da, 0,075-2 mm arasında olması istenmektedir (Çankal, 1999). Dolomit, camın harman ergimesini, çalışma aralığını, suya karşı kimyasal dayanıklılığını arttırmaktadır.

2.4.1.5 Sodyum Feldspat (Albit)

Cama alüminyum oksit (Al₂O₃) kaynağı olarak katılmaktadır. Seramik ve porselen sanayisinin de ana hammaddelerinden olan sodyum feldspat, doğada silisle beraber en çok kayaç oluşturan mineral olup, alüminyum eldesi için başvurulana en ucuz yöntemlerden birisidir.

Sodyum feldspatın cam imalinde kullanılması için TS 5121 standardına uygun özelliklerde olması gerekmektedir. Bu standarda göre SiO₂ %68, Al₂O₃ %19, Na₂O %10 ve Fe₂O₃ oranı ise max. %0,04 olması gerekmektedir. Tane boyutu ise 0,074-0,5 mm arasında hazırlanmalıdır.

Sodyum feldspat, camın çizilmeye karşı direncini, bükülme nedeniyle kırılmaya karşı direncini, darbelere karşı dayanıklılığını, sıcaklık farklarına karşı direncini, kimyasal dayanımını arttırmaktadır. Ayrıca camı sertleştirir ve camın kristalleşme sıcaklığını düşürerek devitrifikasyona uğrama ihtimalini azaltmaktadır (Çankal, 1999).

2.4.2 Harmanlama

Cam üretiminde öncelikle harman hazırlama gelir. Harman, o camın içinde bulunması gereken oksitleri sağlayacak ham maddelerin reçetelere göre istenilen miktarlarda tartılarak ve karıştırılarak elde edilmesidir. Kuvars ya da silis kumu, kireçtaşı, soda, sodyum feldspat gibi ham maddeler ve bunların yanında başlangıç malzemeleri

katılarak harman hazırlanır. Ham maddeler, fabrikaların stoklarından kamyonlarla alınarak kantarlara getirilir ve tartılır. Sonra istenilen miktarlarda karıştırılarak fırına verilir.

Hazırlanan harmanda aranan özellikler şunlardır:

- 1- Ham maddeler miktar ve kalite yönünden kontrol altında olmalıdır.
- 2- Ham maddelerin dış şartlardan etkilenip bozulmayacak şekilde korunması, muhafazası.
- 3- Ham maddelerin istenilen tane iriliğine sahip olması,
- 4- Harman+cam kırığı homojen olarak %2,8 civarında nem içermesi,
- 5- Tartım hatalarının olmaması,
- 6- Hazırlanan harman karıştıktan sonra homojenliğini korumalı,
- 7- Harmandaki ham maddeler gruplaşarak ayrılmamalı.

Ham maddelerin fırınlanmasında ergitme sırasında içerdikleri gazları kaybetmeleri söz konusudur. Yani ağırlık kaybederler. İdeal kaybın %15 olması gerekir. Bu değerden daha fazla kayıp olursa cam eriyiği, kaynama noktasına yakinken daha düşük değerlerde eriyiğin berraklaşması zorlaşır (MEGEP, 2008).

2.4.3 Ergitme

Ergitme işlemi cam fırınları içerisinde yapılmaktadır. Cam fırını, içinde çeşitli malzeme ve fazların tepkimesi sonucu, çok sayıda ısı ve kütle transferlerinin ve kimyasal dönüşümlerin gerçekleştiği bir kimyasal reaktör olarak tarif edilebilmektedir. Ergitme olayı sırasında fırın içerisinde kalsinasyon, parçalanma, oksidasyon, hidrotasyon ve redüksiyon gibi birçok reaksiyon meydana gelmektedir. Fırın, bir cam üretim tesisinin en önemli ve pahalı kısmını oluşturur. Bir cam fabrikasında tüketilen enerjinin çok büyük bir oranı cam fırınında tüketilir (Demir, 1996).

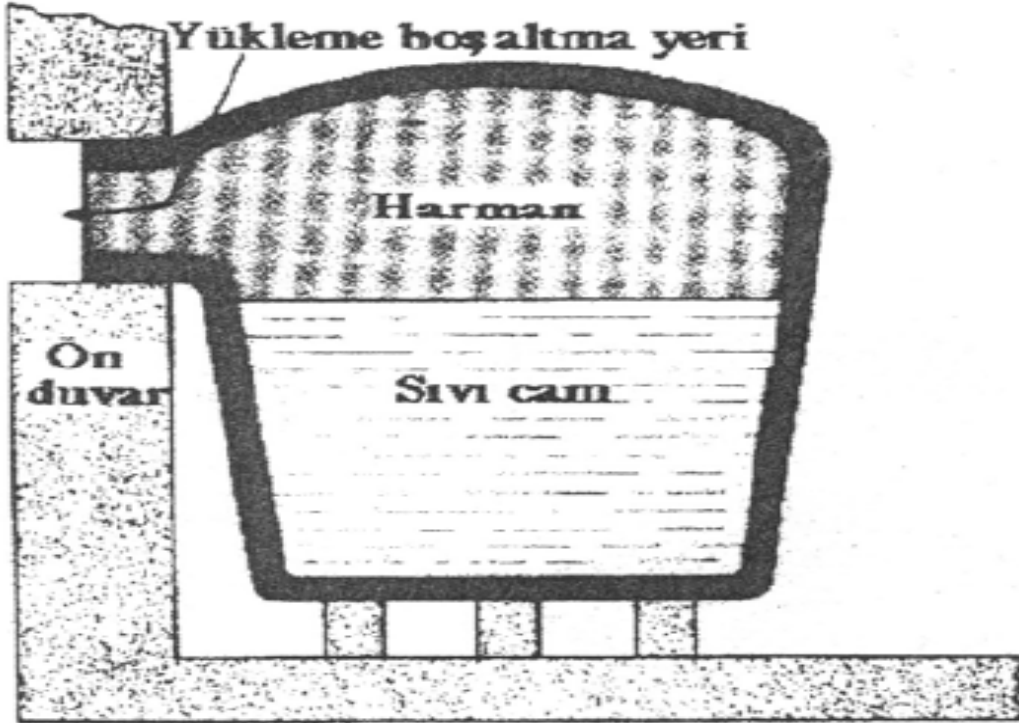
Cam ergitme için kullanılan birçok fırın tipi vardır. Önceleri potalar kullanılmaktaydı. Zamanla camın kullanım alanları ve talep arttıkça potaların yerini reverber tipi fırınlar

almıştır. Daha sonraları otomasyon üretime geçildiğinde seri üretim şartlarına uygun sürekli ergitme fırınları kullanılmıştır (MEGEP, 2008).

2.4.3.1 Potalar

Potalar Şekil 2.10’da görüldüğü gibi optik camların, renkli camların, sanatsal camların üretimlerinde kullanılmakta olup, ergimiş camın basıncına dayanıklı ve özel killerden yapılmışlardır. Potalarda 1400°C’ye kadar çalışılabilir. Kapasiteleri 225-1800 kg arasındadır. Potalarda üretilen camlar çok homojen olmaktadır. Potalarda üretilen camların maliyeti de yüksektir.

Cam türlerinin fazla olduğu, ancak cam miktarının az olduğu üretim süreçlerinde havuz fırınının kullanılması uygun değildir. Bu yüzden potalı fırın kullanılır. Potalı fırında ana madde miktarı en fazla 2000 kg dolayındadır.



Şekil 2.10 Pota tipi fırınlar (MEGEP, 2008).

2.4.3.2 Havuz Fırın

Biçim yönünden yüzme havuzuna benzediği için havuz fırın adı verilmiştir. Fazla miktarda cam üretilmesi gereken üretim süreçlerinde kullanılır. Bu fırında yaklaşık 800-1000 ton dolayında erimiş cam bulunur. Camı oluşturacak ana maddeler, özel bir itici mekanizma ile havuz fırınının ağız kısmından içeriye itilir ve eritme işlemine başlanmış olunur.

2.4.3.3 Reverber Tipi Fırınlr

Cam üretiminde maliyeti düşüren fırın tiplerine ihtiyaç duyulduğu için Resim 2.6'da görülen reverber tipi fırınlara geçiş yapılmıştır. Bu fırınlar yatay alevli fırınlardır. Cam harmanının yüzeyine alev temas etmekte ve bu yüzden de ergitme yüzeyden başlamaktadır. Böylece refrakterlerin sıcaklığı ergimiş camınkinden daha düşük olmakta ve cam daha az kirlenmektedir. Bu tipi fırında camın homojenliği düşük olabilmektedir.

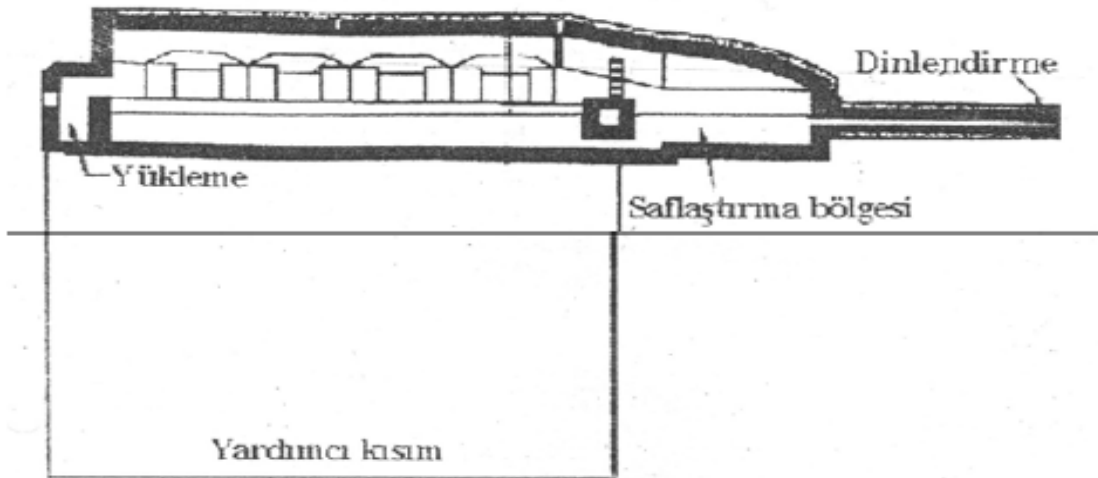


Resim 2.6 Revelber tipi cam fırınları (İnt.Kyn.5).

2.4.3.4 Sürekli Ergitme Tankları

Sürekli ergitme tankları Şekil 2.11’de görülmektedir. Bu tankların 200-300 tonluk kapasiteleri vardır. Hiç durdurulmadan sürekli olarak 4,5 yıl çalışabilirler. Harman sürekli çalışan bantlara verilerek tanka yüklenir. Fırın içine ısı, kenarlara çapraz olarak yerleştirilmiş brülörlerle sağlanmaktadır. Sıvı ve gaz yakıtlar ile çalışırlar. Hava ısıtılarak, tanka verilir ve 20 dakika aralıklarla hava akışının yönü değiştirilir. Cam eriyiği, tankın dibine yakın bir bölmedeki delikten saflaştırma bölgesine alınarak dinlendirme kısmına gönderilir.

Tank duvarı, refrakterlerle örülüdür. Günümüzde bu tip fırınlar doğal gazlı kullanılmaktadır. Sürekli ergitme tanklarında 300-450 m² ergitme alanı, 0,9-1,2 m cam derinliği bulunur (MEGEP, 2008).



Şekil 2.11 Ergitme tankları (MEGEP, 2008).

2.4.4 Saflaştırma

Bu devrede ham maddelerden çıkan gaz kabarcıkları uzaklaştırılır. Gazlar O₂, SO₂, H₂O, N₂ ve karbondioksit içerir. Bazıları çözünürken bazıları camın içinde kalabilir. Gazların uzaklaşması camın akışkanlığına ve yüzey gerilimine bağlıdır. Düşük yüzey gerilimi ve yüksek akışkanlık saflaştırma işlemini hızlandırır (MEGEP, 2008).

2.4.5 Tavlama

Tavlama, cama uygulanan ısıl işlemdir. Tavlama işlemi ile cam soğutulurken meydana gelen gerilmeler yok edilir. Cam ürün soğutulurken önce yüzeyler gerilmeye başlar ve iç kısımlar sıcaktır. Böylece cam yüzeyinde basma gerilmeleri, iç kısımlarda çekme gerilmeleri oluşur. Bu gerilmelerin azaltılması gerekir. Çünkü ürünün mukavemeti buna bağlıdır. Böylece tavlama için kademeli bir ısıl işlem uygulanır.

Cam, tavlama fırınına konularak ısıtılır. Tavlama 4 kademede gerçekleşir. Birinci kademe, tavlama sıcaklığına kadar ısıtma ve belli bir süre bekletmedir. Sonra cam soğutulur, ürün bulunduğu sıcaklıktan oda sıcaklığına kadar hızlı bir şekilde indirilir.

Camlar sürekli çalışan ve lehr adı verilen fırınlarda tavlanırlar. Genelde fırınlarda yakıtlar sıvı, gaz ve elektrik enerjilidir (MEGEP, 2008).

2.5 Camın Teknik Özellikleri

Bir malzemenin temasta bulunduğu gaz, sıvı veya katı haldeki maddelerin etkilerine karşı gösterdiği direnç, kimyasal dayanıklılık olarak tanımlanır. Genellikle camdaki alkali oranın yüksekliği camın kimyasal dayanıklılığını zayıflatırken, bor oksit, alüminyum oksit, çinko oksit ve zirkonyum oksit ise camın kimyasal dayanıklılığının artmasını sağlamaktadır (Kiraz vd., 2007).

Camın şekillendirilmesindeki en önemli etkenlerden birisi viskozitedir. Viskozite camın kimyasal özelliğine bağlı olduğu kadar camın üretim sıcaklığına da bağlı olarak değişim gösteren bir özelliktir. Camın şekillendirilmesi, birbirini takip eden bir işlemler zinciridir. Her işlemin başında ve sonunda camın istenilen viskozitede olması ve işlemlerin sonunda da verilmiş olan şekli muhafaza edebilecek yüksek bir viskozitede olması önemlidir.

Sıcaklık etkisi ile genleşme, camın ısı-sıcaklık şoklarına dayanıklılığını ve ısıtma ile soğutma arasında camda oluşan gerilmeleri tespit etmede önemli bir özelliktir. Camlar,

genellikle 100-350 °C sıcaklık aralıklarında, soğuk suda su verildiklerinde, sıcaklık şoklarına dayanabilmektedirler (Tatar, 2006).

Camın ısı iletkenliği, genel olarak kimyasal bileşiminde mevcut olan soda, potasyum ve kurşun oksitlerinin karışım oranlarına bağlı olarak yükselmektedir. Camın ısı sığası, camın sıcaklığı arttıkça yükselmektedir (Tatar, 2006).

Camın ölçülebilen mukavemeti, 2,7 kg/cm² olarak tahmin edilebilen özgül mukavemetinin 100 ile 1000 kat altındadır. Cam bileşiminin kırılma mukavemeti üzerinde çok az etkisi olduğu kabul edilmektedir. Camın mukavemetini artırmak için çeşitli fiziksel ve kimyasal önlemler geliştirilmiştir. Bazı çok özel yöntemlerle güçlendirilmiş olan camlar 6700 kg/cm² çekme mukavemetlerinde olup, mukavemet ağırlık oranları SS 410 türü çelikten daha yüksektir (Kiraz vd., 2007).

Camların sertlikleri dikkate alındığında, kurşunlu camlar, en yumuşak camlardır. Borosilikat camlar ise en sert camlar olarak bilinmekle birlikte tüm camların sertlikleri, Mohs sertlik birimi olarak 5-7 değerleri arasında değişmektedir. Yeni ya da kimyasal olarak temizlenmiş cam yüzeyler için statik sürtünme katsayısı 1'e çok yakın olup, uzun süre açıkta kalmakla 0,16-0,24 ve hatta belirli kirlenme sonucu daha da azalabilmektedir (Kiraz vd., 2007).

Camın elektriksel özellikleri, camın genel kullanımı yanında, elektrik üreten ve elektrikle çalışan cihazlar yapımında geniş çapta kullanılmasından dolayı çok önemlidir. Cam genellikle elektrik akımına yüksek direnç gösteren bir madde olarak tanınmaktadır (Kiraz vd., 2007).

Camın, bilinen en önemli optik özelliği kırılma indisidir. Değişik camlar için bu değer, 1,45-1,90 sınırları arasında değişmektedir.

Yansıtma özelliği, cam yüzeyinin durumu ile, yüzeye düşen, ışığın dalga boyu ve yönüne bağlıdır. Silikat camları için ortalama yansıtma yüzdesi %4 olup, tamamen saydam bir cam, gelen ışığın %92'sini geçirmektedir. Yansıtma kayıpları cam yüzeyine konulacak özel kaplama malzemeleri ile azaltılabilmektedir (Kiraz vd., 2007).

2.6 Cam Üretimi İçin Kullanılacak Dolomitlerde Aranılan Özellikler

Dolomitlerin cama kazandırdığı birçok özellik vardır. Küçük miktarda dolomitin ergimeyi hızlandırdığı, buna karşılık fazla miktarda kullanımı, aksine ergimeyi zorlaştırdığı görülmüştür. Bunun dışında camın devitrifikasyon sıcaklığını düşürdüğü, harmanın ergimesini hızlandırdığı, katılaşma hızını ve ısı genleşmesini azalttığı, dolayısıyla, termik şok direncini bir miktar arttırdığı, camın suya karşı kimyasal dayanıklılığını arttırdığı ve mamule parlaklık kazandırdığı görülmüştür.

Cam üretiminde kullanılacak dolomitlerin seçimi için TS 10720 numaralı cam imalinde kullanılacak dolomitler standardına bakmamız gerekmektedir. Bu standarda göre üretilen dolomitin tane boyutu 0,074–2 mm arasında, rutubet miktarı %1'in altında değildir. Ayrıca standarda göre istenilen kimyasal bileşim değerleri Çizelge 2.4'de görülmektedir.

Çizelge 2.4 Cam imali için kullanılacak dolomitlerin kimyasal bileşim açısından standarda göre sınıflandırılması (TS 10720).

Bileşim	Kuru Madde (%)			
	1. Sınıf		2. Sınıf	
	En Az	En Çok	En Az	En Çok
CaO	-	35	-	35
MgO	18	-	18	-
Fe ₂ O ₃	-	0,1	-	0,3
SiO ₂	-	1	-	1
Al ₂ O ₃	-	0,1	-	0,1

Bu özellikler dışında cam üretimi için kullanılacak dolomitik kireçtaşlarında başka bir özellik aranmamaktadır. Fakat ocak üretimi ve hammadde hazırlanması işlemlerinde diğer fiziksel ve mekanik özellikler üretim maliyetleri açısından oldukça önemli ve bilinmesi gereken özelliklerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, numunelerin karakterizasyonu ve hammadde özelliklerini belirlemek için yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Bu amaçla Emirdağ kireçtaşlarına mineralojik-petrografik ve kimyasal analizler yapılmış, kalsitik kireçtaşları kalsinasyon yöntemi ile kireç yapılarak yapı kireci standartlarına uygunluğu kontrol edilmiş ve TS EN standartlarına göre fiziksel ve mekanik analizler yapılarak analiz sonuçlarına göre döşeme ve kaplama şeklinde doğal taş olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma Alanının Konumu

Bu çalışmanın ana konusunu oluşturan kireçtaşları Emirdağ (Afyonkarahisar) civarında geniş alanlarda yüzeilenmektedir. Bu kireçtaşlarının yer yer dolomitik seviyeler içermesi nedeniyle çalışmada hem kalsitik hem de dolomitik kireçtaşları incelenmiştir. Çalışma alanı olarak da kalsitik kireçtaşlarının işletildiği ocakların bulunduğu Adaçal mevki ile dolomitik kireçtaşlarının işletildiği Tepeköy (Kuyruklu) köyü civarı seçilmiştir.

Adaçal mevki Şekil 3.1’ de görüldüğü gibi Emirdağ ilçesinin 4 km kuzeybatısında yer almaktadır. Afyon-Ankara karayolu çalışma alanının 3 km kuzeyinden geçmektedir. Tepeköy (Kuyruklu) ise Emirdağ ilçesinin 23 km kuzeybatısında yer almaktadır. Afyon-Ankara karayolu çalışma alanının 16 km güneyinden geçmektedir.



Şekil 3.1 Çalışma alanlarına ait yer bulduru haritası (İnt. Kyn. 1).

3.1.2 Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanlarının etrafında Mesozoyik ve Senozoyik birimler bulunmaktadır. Çalışmaya konu olan kalsitik ve dolomitik kireçtaşları ise Mesozoyik birimde yer almaktadır. Çalışma alanının en yaşlı birimleri yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Orta-Üst Triyas yaşlı Emirdağ Grubu'dur. Emirdağ grubu çalışma alanında çok geniş alanlar kaplar. Genel olarak KB-GD doğrultusunda yüzeylenen bu grubun üyeleri Emirdağlarını oluşturmaktadır. Emirdağ Grubu Karaçaltepe, Yürük Karacaören ve Koraşi formasyonlarından oluşmaktadır. Emirdağ grubu formasyonları üzerine uyumsuz olarak Kretase yaşlı “bloklı seri” gelir. Tersiyer birimleri “Gebeciler formasyonu” üyelerinden oluşmaktadır. Bu birimler Üst Miyosen-Üst Pliyosen yaşlı olup bloklı seri üzerine uyumsuz olarak gelmektedir. Gebeciler formasyonu üzerine

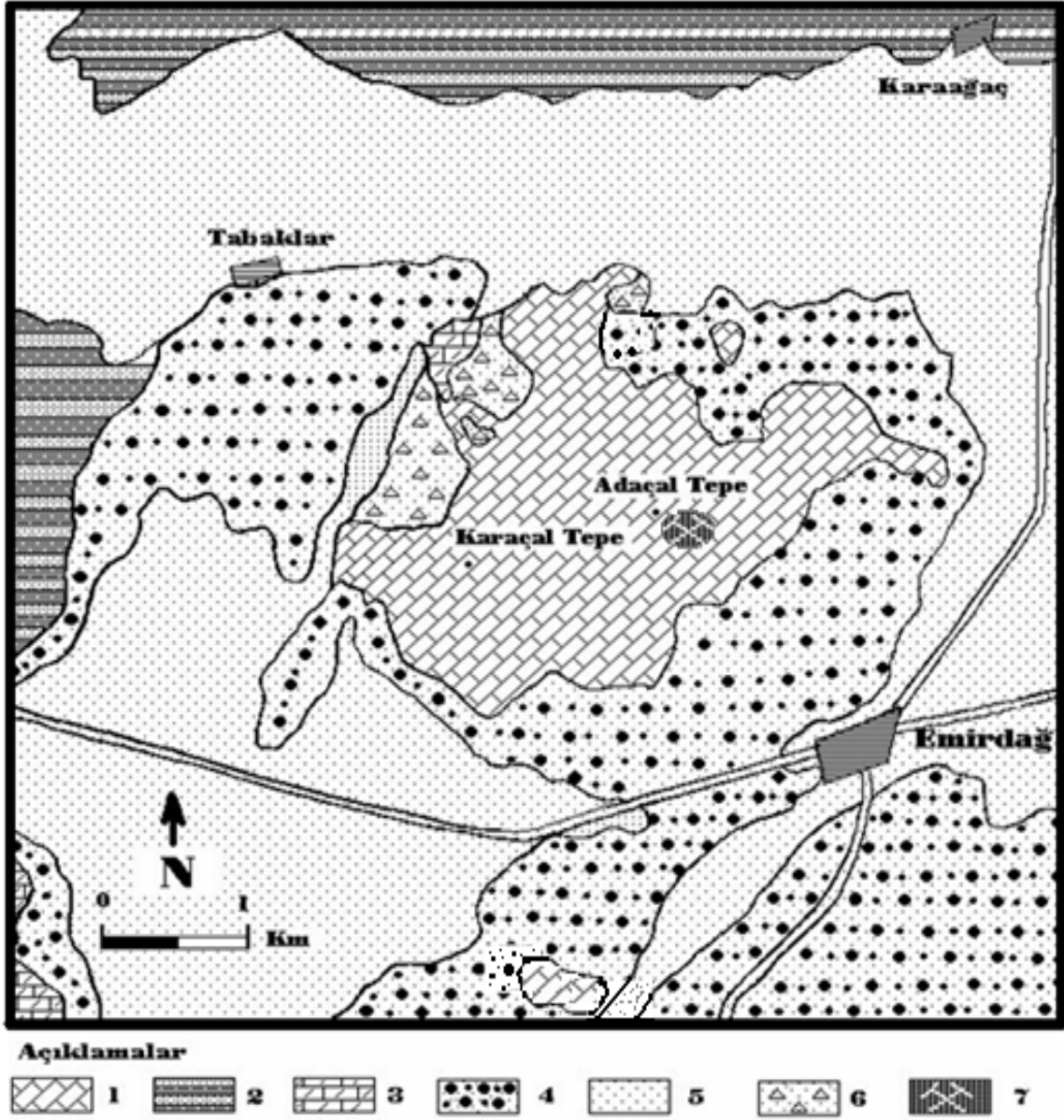
yine uyumsuz olarak Kuvaterner alüvyonları gelmektedir (Romieux, 1942; Wirtz, 1955; Metin vd., 1988; Uman ve Yergök, 1979).

3.1.2.1. Mesozoyik Birimler (Emirdağ Grubu)

Emirdağ grubu adı altında üç formasyon ayırtlanmış olup, grubun ana birimi Karaçaltepe kireçtaşı formasyonu oluşturur. Yörükkaracaören formasyonu, genellikle konglomeralardan oluşmakta olup, transgresif deniz ürünü olarak metamorfikler üzerine diskordan olarak meydana gelmektedir. Koraşı formasyonu, Karaçaltepe formasyonu içinde, onunla yanal ve düşey geçişli giriklikler gösteren kırıntılardan oluşmaktadır. Bu kırıntılı tabaklar arasında, kireçtaşı mercekleri ve stratiform bazik magmatik kaya mercekleri ve blokları gözlenir. Emirdağ grubunun bütün birimleri yeşil şist fasiyesinde metamorfizma geçirmiştir. Genel olarak KB/GD doğrultusunda uzanan bu grubun üyeleri geniş alanlarda yüzeylenir. Emirdağ (Afyonkarahisar) ilçesinin güneyindeki Emirdağları, Yunak güneydoğusundaki Gavurdağları silsilesi bu gruba ait birimlerden oluşmuştur (Metin vd., 1987).

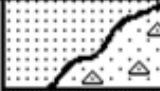
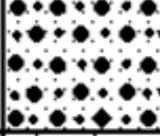
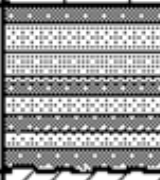
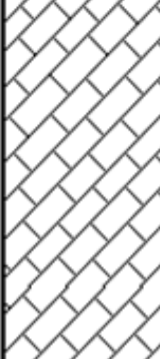
3.1.2.2. Kalsitik Kireçtaşı Alanının Jeolojisi

Kalsitik kireçtaşları Karaçaltepe kireçtaşı formasyonunda bulunmaktadır. Kalsitik kireçtaşı sahası altta beyaz ve gri renkli, kalın tabakalanmalı kristalize kireçtaşı ve üzerinde ince bir detritik seviyeden sonra çört yumrulu ve bantlı kireçtaşı seviyelerinden oluşmaktadır. Genellikle alt düzeylerde yer alan beyaz, kirli beyaz renkli, şeker dokulu kristalize kireçtaşları yer yer mermerleşmiştir. Şekil 3.2’de kalsitik kireçtaşı alanı yakın çevresine ait jeoloji haritası, Şekil 3.3’de kalsitik kireçtaşı alanının dikme kesiti görülmektedir.



Şekil 3.2 Kalsitik kireçtaşı alanına alanı yakın çevresinin jeoloji haritası (Uman ve Yergök, 1979; Metin vd., 1987'den uyarlanmıştır).

1- Karacaltepe kireçtaşı, 2- Özburun marn üyesi, 3- Akpınar kireçtaşı üyesi, 4- Erdemir Konglomera üyesi, 5- Alüvyon, 6- Yamaç molozu, 7- Kireçtaşı ocağı

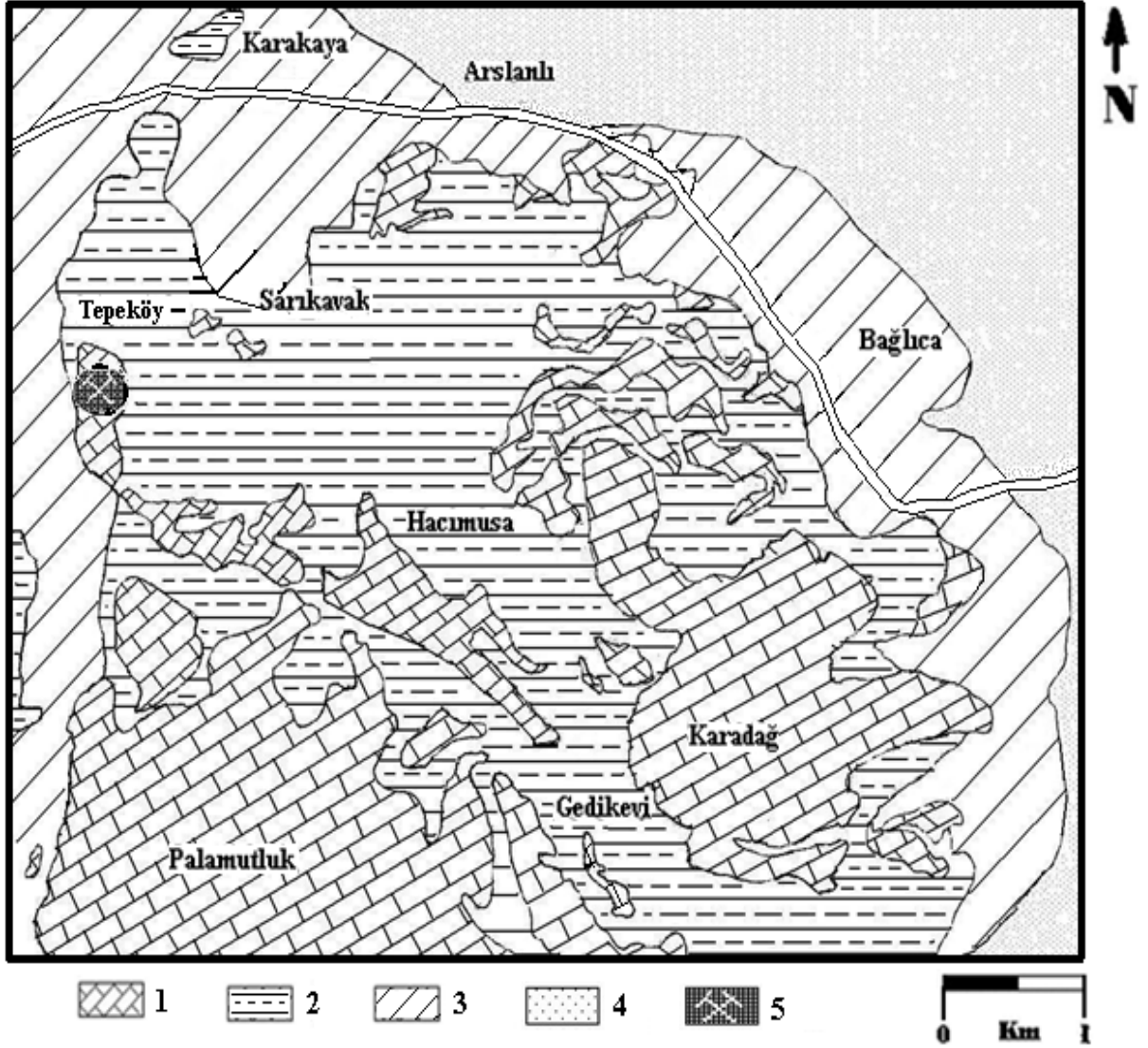
Üst Sistem	Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Kalınlık(m)	DİKME KESİT	AÇIKLAMALAR
SEN O Z O Y İ K	Kuvaterner						Alüvyon Yamaç Molozu
							Traverten
	T E R S İ Y E R	N E O J E N	Üst Miyosen – Üst Pliyosen	Gebeciler Formasyonu	30-50		Erdemir Kongloması
					220		Akpınar Kireçtaşı
					25-100		Özbek marn üyesi
M E S O Z O Y İ K	T R İ Y A S	Orta - Üst		Emirdağ Grubu	800-1500		Karacaltepe Kireçtaşı

Şekil 3.3 Kalsitik kireçtaşı alanının dikme kesiti (Uman ve Yergök, 1979; Metin vd., 1987'den uyarlanmıştır).

3.1.2.3 Dolomitik Kireçtaşı Alanının Jeolojisi

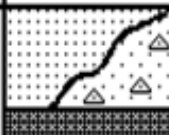
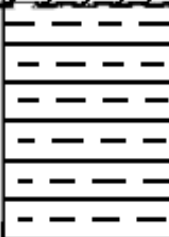
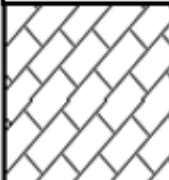
Dolomitik kireçtaşı sahası ise Karacaltepe Formasyonu'nun en üst seviyelerinde yanal ve düşey geçişli olarak görülmektedir. Beyaz kristalize kireçtaşlarını yanal ve düşey geçişli olarak izleyen dolomitize kireçtaşları gri, koyu gri, siyah renkli, kalın orta düzgün tabakalı ve pis kokuludur (Metin vd., 1988). Dolomitik kireçtaşı alanına yakın

evresinin jeoloji haritası Şekil 3.4’de, dolomitik kireçtaşı alanının dikme kesiti Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Dolomitik kireçtaşı alanına yakın çevresinin jeoloji haritası.

- 1- Karaçaltepe kireçtaşı, 2-Koraşı formasyonu (Bloklu seri), 3-Gebeceler formasyonu
4-Alüvyon, 5-Dolomitik kireçtaşı ocağı

Üst Sistem	Sistem	Seri	Kat	Formasyon	Kalınlık(m)	DİKME KESİT	AÇIKLAMALAR
SENOZOYİK	Kuvaterner						Alüvyon Yamaç Molozu
	TERSİYER	NEOJEN	Üst Plivosen	Üst Mivosen	55-370		Traverten
			UYUMSUZLUK				
			Gebeceler Formasyonu		UYUMSUZLUK		
MESOZOYİK	TRİYAS	Orta - Üst	Emirdağ Grubu	0-200		Karoşi Formasyonu	
						Karaçaltepe Kireçtaşı	

Şekil 3.5 Dolomitik kireçtaşı alanının dikme kesiti (Uman ve Yergök, 1979; Metin vd., 1987'den uyarlanmıştır).

3.1.3 Örneklerin Alınması

Kalsitik kireçtaşı numuneleri Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş. firmasına ait kireçtaşı ocağından (Resim 3.1), dolomitik kireçtaşı numuneleri ise Camış Madencilik'e ait dolomit ocağından (Resim 3.2) temin edilmiştir. Numuneler ocak aynasının tamamını temsil etmesi ve fiziko mekanik özelliklerinin belirlemesi sırasında kullanılan 7×7×7 cm boyutunda küp şekilli numunelerin çıkarılması amacıyla çeşitli bölgelerden ortalama 30 cm boyutlarında alınmıştır.



Resim 3.1 Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş. Fabrikası' na ait kireçtaşı ocağı.



Resim 3.2 Camiş Madencilik Firması' na ait dolomit ocağı.

3.2 Yöntem

3.2.1 Numunelerin Hazırlanması

Alınan numuneler moloz şekilli (Resim 3.3) olduğundan, hammadde özelliklerinin belirlenmesi testleri için standartlarda istenilen boyutlara getirilmesi gerekmektedir.



Resim 3.3 Ocaktan alınan iri boyutlu numuneler.

Fiziksel ve mekanik testler için genellikle prizmatik boyutlar istendiğinden numuneler, Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyon Meslek Yüksek Okulu Mermer Teknolojisi programında bulunan yan kesme (Resim 3.4) ve baş kesme (Resim 3.5) makinelerinde 70×70×70 mm ve 180×50×30 mm boyutlarına getirilmiştir.



Resim 3.4 Yan kesme makinesi.



Resim 3.5 Baş kesme makinesi.

Fiziksel, kimyasal ve mineralojik analizlerin yapılabilmesi için numuneler Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü, Cevher hazırlama laboratuvarında bulunan halkalı değirmende (Resim 3.6) öğütülmüştür.



Resim 3.6.Halkalı değirmen.

3.2.2 Mineralojik ve Petrografik Analizler

Doğal taşların mineralojik ve petrografik özellikleri, fiziksel ve mekanik davranışlarını etkileyen özelliklerinin belirlenmesi bakımından oldukça önemlidir. Doğal taşların tanımlanmasında mineral bileşenleri, dokusu ve yapılarının incelenmesinin yanında renk, damarlar, fosiller, süreksizlikler gibi özelliklerinin de bilinmesi gereklidir. Bu

amaçla her iki grup kireçtaşına mineralojik ve petrografik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla çeşitli analizler uygulanmıştır.

3.2.2.1 Polarizan Mikroskop ile Mineralojik ve Petrografik Özelliklerin İncelenmesi

Polarizan mikroskop ile mineralojik ve petrografik özelliklerin incelenmesinde kullanılacak numuneler TS EN 12407 standardına uygun olarak hazırlanmıştır. Bu standarda göre, 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 3'er adet numune ince kesit cihazı kullanılarak kesilebilecek kadar incelikte kesildikten sonra lamel ile kaplanmıştır. Lamel ile kaplanan numuneler fırınlanarak lamele iyice sabitlenmesi sağlanmış ve korund tozu yardımı ile $(0,030 \pm 0,005)$ mm kalınlığa inceltirilmiştir. Bu şekilde kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına ait numunelerden 5'er adet ince kesit hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler Resim 3.7'de görülen Afyonkocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Doğaltaş Analiz Laboratuvarında bulunan Nikon marka LV100POL model polarizan mikroskop ile EN 12670 standardı kullanılarak tane büyüklüğü, dokusu, mineralojik bileşimi ve kayaç grubu belirlenmiştir.



Resim 3.7 Polarizan mikroskop.

3.2.2.2 XRD Yöntemi ile Mineralojik Özelliklerin İncelenmesi

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının XRD yöntemi ile mineralojik özelliklerinin incelenmesi için çalışma yapılan her iki sahadan bütünü temsil edecek şekilde ocakların farklı yerlerinden 3'er adet numune alınmış ve Çanakkale Seramik Fabrikası'na analiz için gönderilmiştir. Analizler, Resim 3.8'de görülen Panalytical marka, X' Pert Pro MPD model XRD cihazıyla yapılmıştır.



Resim 3.8 XRD cihazı.

3.2.2.3 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Mineralojik Özelliklerin İncelenmesi

Taramalı elektron mikroskobu ile mineralojik özelliklerin belirlenmesi için kalsitik ve dolomitik kireçtaşı numunelerinden 3'er adet parça alınarak karbonla kaplanmış ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan Resim 3.9'daki LEO 1430 VP model SEM cihazı ile yapılmıştır.



Resim 3.9 SEM cihazı

3.2.3 Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.3.1 Kimyasal Analiz

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına kimyasal analiz yapılması için bütünü temsil edecek şekilde çalışma alanlarının farklı bölümlerinden 3'er adet moloz şekilli numuneler alınarak kırılmış kırılan parçalar birbirine karıştırılmadan her birinden 10'ar gram ağırlığında 3 kalsitik 3 dolomitik toplam 6 adet numune ayrı ayrı ambalajlanarak

analizin yapılacağı yere gönderilmiştir. Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının kimyasal bileşimleri XRF yöntemi ile tespit edilmiştir. Bu yöntem için Çanakkale Seramik fabrikasında bulunan Rigaku marka sys 3270 model XRF cihazı (Resim 3.10) kullanılmıştır.



Resim 3.10 XRF cihazı.

3.2.4 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.4.1 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Tayini

Atmosfer basıncı altında su emme tayini TS EN 13755 standardına göre yapılmıştır. Bu analiz için Resim 3.11’de görülen 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 6 adet numune kullanılmıştır.



Resim 3.11 K p şekilli numuneler

Her bir numunenin atmosfer basıncı altında su emmesi (A_b) formül 3.1'deki gibi hesaplanmıştır.

$$A_b = \frac{m_s - m_d}{m_d} \times 100 \quad (3.1)$$

m_d = Sabit tartıma gelmiş kuru numune ağırlığı (g)

m_s = Sabit tartıma gelmiş suya doymun numune ağırlığı (g)

A_b = Atmosfer basıncı altında su emme (%)

3.2.4.2  zg l Ağırlık Tayini

 z ağırlık tayini TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Bu analiz için halkalı değirmende 63  m altına öğütülen numuneden her ölçüm için yaklaşık 25 gr numune alınmış, yapılan üç ölçümün ortalaması alınarak  zg l ağırlık değeri belirlenmiştir

Her bir numunenin özgül ağırlık (P_r) değeri formül 3.2'deki şekilde hesaplanmıştır.

$$P_r = \frac{m_e}{m_2 + m_e - m_1} \times Prh \quad (3.2)$$

P_r = Özgül ağırlık (gr/cm³)

m_1 = Piknometre + su + numune ağırlığı (g)

m_2 = Piknometre + su ağırlığı (g)

m_e = Kuru öğütülmüş numune ağırlığı (g)

Prh = Suyun yoğunluğu (998 kg/m³ – standarda göre)

3.2.4.3 Görünür Yoğunluk Tayini

Görünür yoğunluk tayini TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Bu analiz için 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 6 adet numune kullanılmıştır.

Her bir numunenin görünür yoğunluk (P_b) değeri formül 3.3'deki gibi hesaplanmıştır.

$$P_b = \frac{m_d}{(m_s - m_h)} \times Prh \quad (3.3)$$

P_b = Görünür yoğunluk

m_d = Sabit tartıma gelmiş kuru numune ağırlığı (g)

m_s = Sabit tartıma gelmiş suya doygun numune ağırlığı (g)

m_h = Sabit tartıma gelmiş suya doygun numunenin Arşimet tartımı ağırlığı (g)

Prh = Suyun yoğunluğu (998 kg/m³ – standarda göre)

3.2.4.4 Görünür Hacim Tayini

Görünür hacim tayini TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Bu analiz için 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 6 adet numune kullanılmıştır. Görünür yoğunluk analizinde elde ettiğimiz tartım değerleri görünür hacim tayini içinde kullanılmıştır.

Her bir numunenin görünür hacim değeri (V_b) formül 3.4'deki gibi hesaplanmıştır.

$$V_b = \frac{(m_s - m_h)}{Prh} \times 100 \quad (3.4)$$

V_b = Görünür hacim değeri

m_h = Sabit tartıma gelmiş suya doygun numunenin Arşimet tartımı ağırlığı (g)

m_s = Sabit tartıma gelmiş suya doygun numune ağırlığı (g)

Prh = Suyun yoğunluğu (998 kg/m³ – standarda göre)

3.2.4.5 Açık Gözeneklilik Tayini

Açık gözeneklilik tayini TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Bu analiz için 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 6 adet numune kullanılmıştır.

Her bir numunenin açık gözeneklilik (P_0) değeri formül 3.5'deki gibi hesaplanmıştır.

$$P_0 = \frac{(m_s - m_d)}{(m_s - m_h)} \times 100 \quad (3.5)$$

P_0 = Açık gözeneklilik değeri (%)

m_h = Sabit tartıma gelmiş suya doygun numunenin Arşimet tartımı ağırlığı (g)

m_s = Sabit tartıma gelmiş suya doygun numune ağırlığı (g)

m_d = Sabit tartıma gelmiş kuru numune ağırlığı (g)

3.2.4.6 Açık Gözenek Hacmi Tayini

Açık gözenek hacmi tayini TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Bu analiz için 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 6 adet numune kullanılmıştır.

Her bir numunenin açık gözenek hacmi (V_0) formül 3.6'daki gibi hesaplanmıştır.

$$V_0 = \frac{(m_s - m_d)}{P_{rh}} \times 100 \quad (3.6)$$

V_0 = Açık gözenek hacmi miktarı (ml)

m_s = Sabit tartıma gelmiş suya doymun numune ağırlığı (g)

m_d = Sabit tartıma gelmiş kuru numune ağırlığı (g)

P_{rh} = Suyun yoğunluğu (998 kg/m³ – standarda göre)

3.2.4.7 Toplam Gözeneklilik Tayini

Toplam gözeneklilik tayini TS EN 1936 standardına göre yapılmıştır. Bu analiz için 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 6 adet numune kullanılmıştır.

Her bir numunenin toplam gözeneklilik (P) değeri formül 3.7'deki gibi hesaplanmıştır.

$$P_0 = \frac{\frac{1}{P_b} - \frac{1}{P_r}}{\frac{1}{P_b}} \times 100 \quad (3.7)$$

P = Toplam gözeneklilik

$P_b = \text{Görünür yoğunluk (g/cm}^3\text{)}$

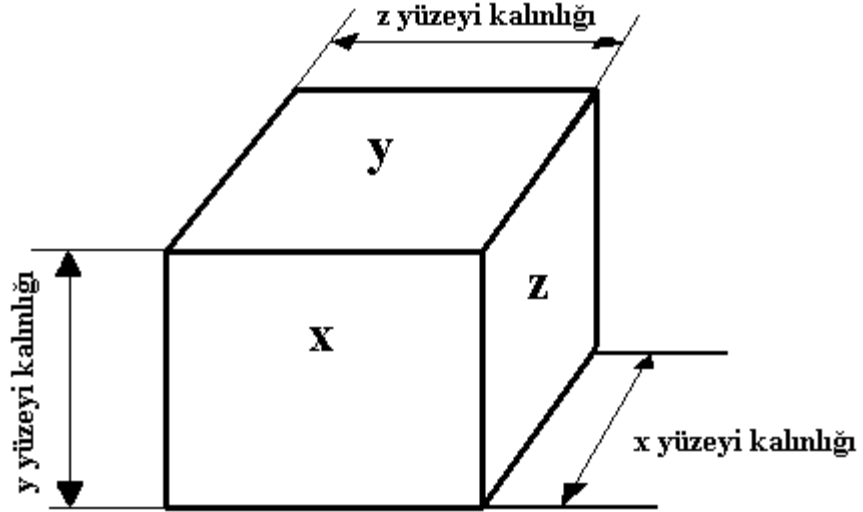
$P_r = \text{Gerçek yoğunluk (g/cm}^3\text{)}$

3.2.4.8 Ultra Ses Geçiş Hızı Tayini

Ultrasonik teknikler uzun yıllardır madencilik biliminde ve jeoteknik uygulamalarda içinde kullanılmaktadır. Bunlar, jeofizik çalışmalarında ve kayaçların dinamik özelliklerinin laboratuvardaki saptanmasında kullanılır. Bu teknikler, uygulanmasının kolaylığı ve malzemenin örselenmemesinden dolayı, jeoteknik mühendisliğinde gittikçe artarak kullanılmaya başlanmıştır. Denemeler, dolgu tayininde, kaya saplaması donatılarında, kaya kütlelerindeki püskürme etkinliğinde ve kaya sınıflamalarında sismik hızın saptanması ile yapılmaktadır. Kaya kütle deformasyonu ve basıncının tahmini, yeraltı açıklıklarının etrafında gelişmiş çatlak zonlarının büyüklüğü (uzunluğu), kayacın su içerme derecesinin saptanması ve çatlak kaya kütle karakteristiği sismik tekniklerin uygulandığı diğer bazı uygulamalardır.

P dalga hızı laboratuvarlarda doğrudan ya da dolaylı olarak ölçülebilir. Dolaylı yöntemler doğrudan yöntemlere göre daha kolaydır. Bu nedenle eğer doğrudan P dalga hızı ile dolaylı P dalga hızı arasında güçlü bir ilişki kurulabilirse, doğrudan P dalga hızı değeri, dolaylı ölçümlerden tahmin edilebilir ve böylece ölçümleri daha da kolaylaştırılabilir.

Ultrases geçiş hızı tayini TS EN 14579 standardına göre yapılmıştır. Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarından 70×70×70 mm boyutlarında 6'şar adet düzgün yüzeyli örnekler kullanılmıştır. Bu örneklerin birbirine komşu 3 yüzeyinin kalınlığı ölçülmüş ve Şekil 3.6'daki gibi x, y, z şeklinde numaralandırılmıştır.



Şekil 3.6 Numunelerin ultra ses geçiş hızı deneyi için işaretlenmesi

Sisimik hız tayini Resim 3.12’de verilen sismik hız cihazı ile yapılmıştır.



Resim 3.12 Sismik hız ölçüm aleti

Her bir numunenin sismik hız (V) değeri formül 3.8’deki gibi hesaplanmıştır.

$$V = \frac{L}{T} \quad (3.8)$$

V= P ve S dalga hızı, m/sn

L= Örnek kalınlığı, m

T= Dalganın örneği geçme zamanı, sn

3.2.5 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

3.2.5.1 Sürtünme İle Aşınma Kaybı Tayini

Sürtünme ile aşınma kaybı tayini TS 699 standardına uygun olarak yapılmıştır. Bu analiz için 70×70×70 mm ebatlarında küp şekilli 6 adet numune kullanılmıştır. Sürtünme ile aşınma kaybı tayini için Resim 3.13’de verilen Böhme cihazı kullanılmıştır.



Resim 3.13 Böhme cihazı.

Aşınma kaybı, kalınlık azalması cinsinden belirtilecek ise;

$$d = d_0 - d_1 \quad (\text{cm}/50\text{cm}^2) \quad (3.9)$$

veya

$$\Delta d = \frac{V_0 - V_1}{A} \quad (\text{cm}/50\text{cm}^2) \quad (3.10)$$

Yardımla hesaplanır.

Aşınma kaybı hacim azalması cinsinden belirtilecek ise;

$$\Delta V = (d_0 - d_1) \times 50 \quad (\text{cm}^3/50\text{cm}^2) \quad (3.11)$$

veya

$$\Delta = \frac{V_0 - V_1}{A} \times 50 \quad (\text{cm}^3/50\text{cm}^2) \quad (3.12)$$

Burada;

Δd = Taşın yüzey aşınma kaybı değeri ($\text{cm}/50 \text{ cm}^2$)

d_0 = Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı (cm)

d_1 = Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı (cm)

ΔV = Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri ($\text{cm}^3/50 \text{ cm}^2$)

V_0 = Taşın deneyden önceki hacmi (cm^3)

V_1 = Taşın deneyden sonraki hacmi (cm^3)

A = Taşın aşınma uygulanan yüzünün alanı (cm^2)

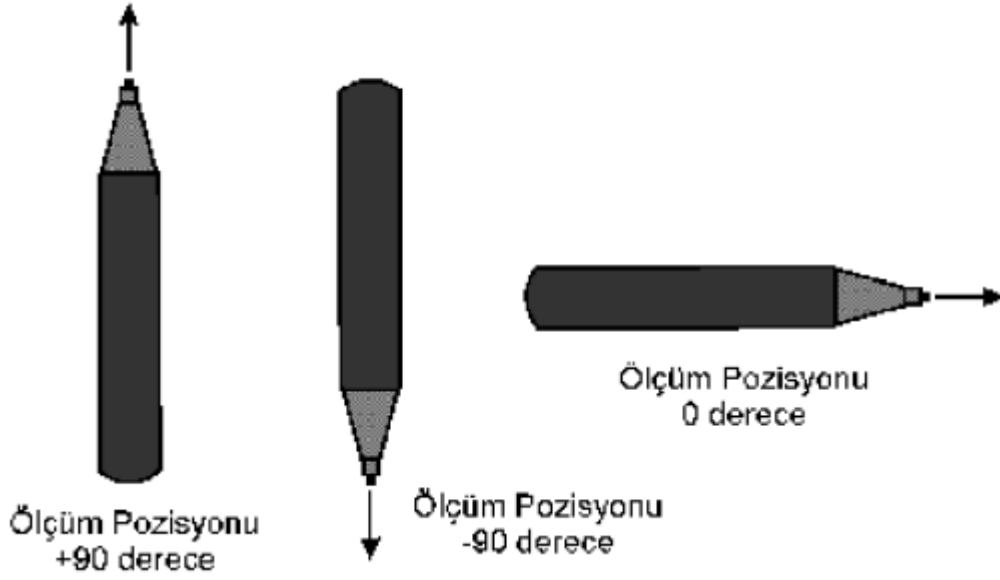
dır.

Formülleri yardımla hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar $0,01 \text{ cm}^3/50\text{cm}^2$ 'ye yuvarlatılmıştır.

3.2.5.2 Schmidt Darbe Çekici ile Yüzey Sertlik Endeksi Belirleme

Schmidt darbe çekici, blok mermerler üzerinde mermerin yüzey sertlik endekslerini belirlemeye yarayan bir alettir. Endüstriyel olarak kullanılan L tipi ve N tipi Schmidt

darbe çekici, Şekil 3.7’de görüldüğü gibi 3 farklı pozisyonda ölçüm yapmaktadır. Mermer yüzeylerinde ölçüm değerleri, çekicin skalasından okunur. Her tür çekicin kendi üzerinde, yüzey sertlik endeks parametresine bağımlı ilişki grafikleri (abak) bulunmaktadır. Bu grafik yardımıyla, tek eksenli basınç dayanım değeri yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir.



Şekil 3.7 Schmidt Darbe Çekicinin Üç Farklı Konumda Kullanımı

Schmidt çekiciyle ölçme işleminde mazı metodlar kullanılır bu metodlar:

Hucka yöntemi:

Schmidt Darbe Çekici ile Hucka yönteminde ölçme tekniği prensip itibarıyla, mermer bloğu üzerinde tespit edilen bir noktada 10 vuruş uygulaması sonucunda elde edilen en yüksek okuma değerinin Schmidt darbe çekici değeri (SDÇD) olarak kabul edilmesidir. İstatiksel olarak bu teknik üzerinde yapılan detay çalışmalarda, okumalardaki en yüksek endeks değerinin, okuma endeks değerlerinin aritmetik ortalamasına göre daha yüksek bir anlamlılık düzeyi gösterdiği gözlenmiştir. Yüzey sertlik endeks değeri olarak en yüksek SDÇD’nin kullanımı tavsiye olunmuştur.

Poole ve Farmer yöntemi:

Kayaç yüzey sertliklerinin Poole ve Farmer yönteminde ölçme tekniği prensip itibariyle, mermer bloğu üzerinde tespit edilen bir noktada 5 vuruş sonucunda elde edilen en yüksek okuma değerinin SDÇD olarak kullanılabileceği kabulüne dayanmaktadır. Poole ve Farmer istatistiksel olarak bu uygulama şeklinin yüksek anlamlılık düzeyinde olduğunu belirtmiştir.

ISRM yöntemi:

Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği, ISRM tarafından önerilen ölçme yöntemi, kayaç yüzeyinde en az 3 mm aralıklarla 20 ayrı noktadan okuma yapılması ve en yüksek 10 değer aritmetik ortalamasının SDÇD olarak kabul edilmesi şeklindedir.

Emirdağ kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına yapılan analizlerde Poole ve Farmer yöntemi kullanılmıştır.

3.2.5.3 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini

Tek eksenli basınç dayanımı tayini TS EN 126 standardına göre yapılmıştır. Bu standarda göre 70 ± 5 mm olan küp şekilli numuneler kullanılmıştır.

Ölçüm sonucu her numuneye uygulanan kırılma yükü not edilmiştir. Kırılma yükü ve basıncın uygulandığı yüzey alanı 3.13'deki formülde yerine koyularak tek eksenli basınç dayanımı hesaplanmıştır.

$$R = \frac{F}{A} \quad (3.13)$$

R = Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

F = Kırılma yükü (N)

$A = \text{Yükün uygulandığı bölgenin alanı (mm}^2\text{)}$

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi Resim 3.14’de gösterilen cihazla yapılmıştır.



Resim 3.14 Tek eksenli basınç dayanım cihazı.

3.2.5.4 Sabit Moment Altında Eğilme Dayanımı Tayini

Sabit moment altında eğilme dayanım tayini TS EN 13161 standardına göre Resim 3.15’de gösterilen cihazla yapılmıştır. Emirdağ kireçtaşlarına yapılan sabit moment altında eğilme dayanımı deneylerinde 180×30×50 mm boyutlarında numuneler kullanılmıştır.



Resim 3.15 Eğilme test cihazı.

Sabit moment altında eğilme dayanımı 3.14'deki formüle göre hesaplanmıştır.

$$R_{tc} = \frac{F \times L}{b \times h^2} \quad (3.14)$$

R_{tc} = Eğilme dayanım değeri (MPa)

F = Kırılma yükü (N)

L = Numune boyu (mm)

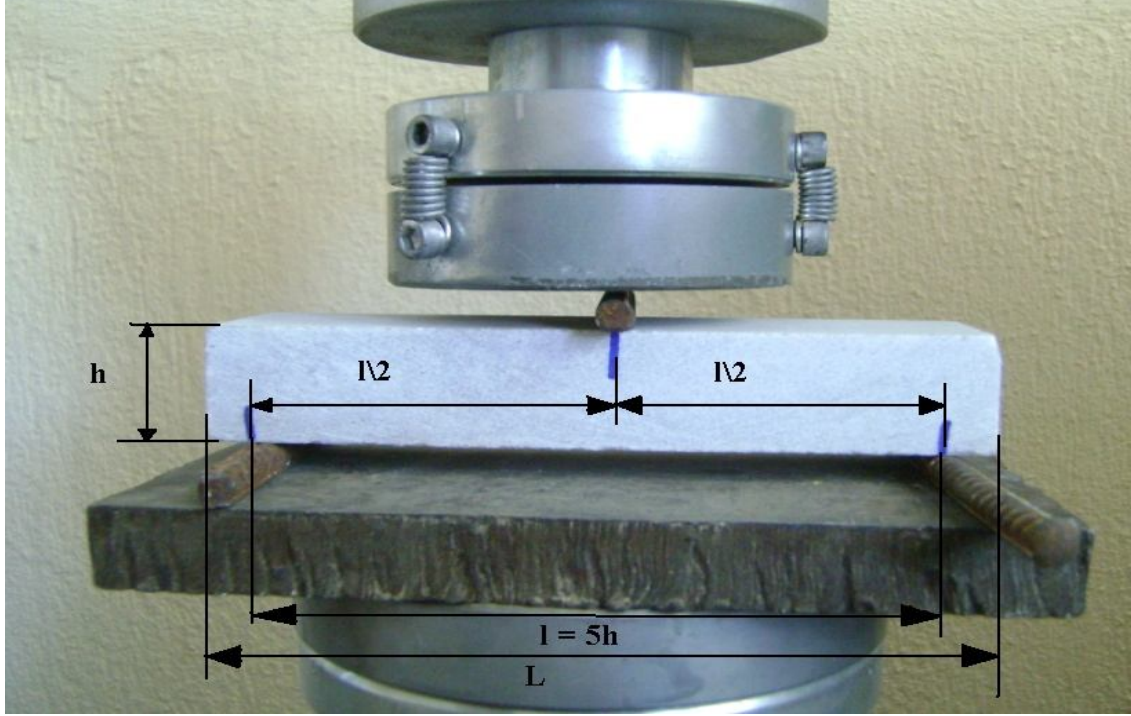
b = Numune genişliği (mm)

h = Numune kalınlığı (mm)

3.2.5.5 Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanım Tayini

Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı tayini TS EN 12372 standardına göre yapılmıştır.

Emirdağ kireçtaşlarına yapılan tek eksenli yük altında eğilme dayanımı deneylerinde 180×30×50 mm boyutlarında numuneler kullanılmıştır. Numuneler cihaza Resim 3.16'daki gibi işaretlenerek yerleştirilmiştir.



Resim 3.16 Numunelerin işaretlenmesi.

Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı 3.15'deki formüle göre hesaplanmıştır.

$$R_{tf} = \frac{3 \times F \times l}{2 \times b \times h^2} \quad (3.15)$$

R_{tf} = Eğilme dayanım değeri (MPa)

F = Kırılma yükü (N)

l = mesnetler arası mesafe (mm)

b = Numune genişliği (mm)

h = Numune kalınlığı (mm)

3.2.6 Kalsitik Kireçtaşlarının Kireç Hammaddesi Olarak Özelliklerinin İncelenmesi

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerin kalitesi TS EN 459 yapı kireci standardında belirtilen deneylere tabi tutularak belirlenmiştir. Ayrıca TS EN 12485 yüksek kalsiyumlu kireç ve yarı pişmiş dolomit deney metodlarındaki deneyler ile TS EN 196 çimento deney metodlarındaki deneyler gerektiğinde uygulanmıştır. Bu standartların atıf yaptığı birçok standart vardır ve bu atıflar birleştirilerek oluşturulmuştur.

3.2.6.1 Kireçtaşı Numunelerinin Kalsinasyonu ve Hidratasyonu

Adaçal Endüstriyel Mineraller A.Ş. fabrikasına ait kalsitik kireçtaşı ocağından TS EN 932 – 1 standardına uygun şekilde alınan numuneler 4-6-9 cm boyutlarında küçültülerek fabrikanın laboratuvarında bulunan Nüve marka MF 120 model kül fırınında kalsine edilmiştir. Kalsinasyon 10 derece/dakika rejimle 900 derece sıcaklıkta 1 saat, 1000 derece sıcaklıkta 1 saat, 1050 derece sıcaklıkta 1 saat olmak üzere toplam 4,5 saat süre ile yapılmıştır. Bu süreler ve sıcaklık periyodu fabrikadaki Maerz fırınında taşın hareketinin gözlemlenmesi sonucunda belirlenmiş ve fırını temsil etmesi için kireçtaşlarına uygulanmıştır. Hidratasyon işlemi ise metal kap içinde TS EN 12485 standardına uygun şekilde yapılmıştır.

3.2.6.2 Aktif Kireç Tayini

Aktif kireç tayini TS EN 196 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Deney sonucunda bulunan değerler formül 3.16'da belirtildiği gibi yerine koyularak aktif kireç miktarı belirlenmiştir.

$$\%CaO = \frac{2,8 \times F \times S}{m} \quad \%Ca(OH)_2 = \frac{3,7 \times F \times S}{m} \quad (3.16)$$

S = Asit sarfiyatı (ml)

F = Asitin normalitesi (N)

m= Kullanılan kireç miktarı (g)

3.2.6.3 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde SiO₂ Dahil Asitte Çözülme-yen Madde Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde asitte çözünmeyen madde miktarı tayini TS EN 196 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Deney sonucunda bulunan değerler formül 3.17’de belirtildiği gibi yerine koyularak aktif kireç miktarı belirlenmiştir.

$$\%A.Ç.M. = \frac{(B - C) \times 100}{A} \quad (3.17)$$

B= Ateş zaiyatından sonraki krozenin ağırlığı (g)

C=Sabit tartımdaki kroze ağırlığı (g)

A=Numune miktarı (g)

Yapılan gravimetrik analizle üretimi yapılan kireçlerde bulunabilecek olan safsızlıkların (SiO₂) miktar analizi yapılmaktadır. Silikatlar uygun ortam şartlarında kalsiyum silikat oluştururlar ayrıca kullanılan ortamda aşındırıcı etkisi bulunmaktadır buda olumsuz etkilere neden olmaktadır.

3.2.6.4 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Toplam CaO ve MgO Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde toplam CaO ve MgO tayini TS EN 196 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Deney sonucunda bulunan değerler formül 3.18 ve formül 3.19’da belirtildiği gibi yerine koyularak toplam CaO ve MgO miktarları belirlenmiştir.

$$\% \text{CaO} = V(\text{EDTA}) \times F(\text{EDTA}) \times 2,804 \quad (3.19)$$

$$\% \text{MgO} = V(\text{EDTA}) \times F(\text{EDTA}) \times 2,016 \quad (3.20)$$

V=EDTA hacmi(ml)

F=EDTA' nın normalitesi (N)

3.2.6.5 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde SO₃ (Kükürt trioksit) Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde SO₃ miktarı tayini TS EN 196 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Deney sonucunda bulunan değerler formül 3.21'de belirtildiği gibi yerine koyularak aktif kireç miktarı belirlenmiştir.

$$\% \text{SO}_3 = \frac{0,343 \times G \times 100}{A} = \frac{34,3G}{A} \quad (3.21)$$

G= Baryum sülfat kütlesi (m₂-m₁) (g)

A=Deney numunesi kütlesi (g)

Yapılan gravimetrik analizle kirecin ihtiva ettiği SO₃ miktarı tespit edilmektedir. SO₃ miktarı dayanımda etkili olmaktadır buda oransal olarak safsızlığında önem taşımaktadır.

3.2.6.6 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde R₂O₃ Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde R₂O₃ miktarı tayini TS EN 196 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Deney sonucunda bulunan değerler formül 3.22'de belirtildiği gibi yerine koyularak aktif kireç miktarı belirlenmiştir.

$$R_{2O_3} = \frac{E \times 100}{A} [\%m/m] \quad (3.22)$$

E=Ateş zaiyatı

Demir oksit safsızlıklarının minimum olması önemlidir ve alumina ise kalsiyum aluminat oluşturarak kaliteyi etkilemektedir. Yapılan analizle bu safsızlıklar tayin edilmektedir.

3.2.6.7 Sönmüş Kireçlerde Serbest Su (nem) Tayini

Sönmüş kireçlerde nem miktarı tayini TS EN 196 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Sönmüş kireçlerde nem tayini Resim 3.17’de görülen cihazla yapılmaktadır.



Resim 3.17 Nem tayin cihazı.

3.2.6.8 Sönmüş Kireçlerde İşlenebilirlik Tayini (Penetrasyon Değeri)

Sönmüş kireçlerde işlenebilirlik tayini TS EN 459 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Sönmüş kireçlerin işlenebilirliklerinin kontrolü amaçlı yapılan bu fiziksel analiz yöntemi ile kirecin kullanım esnasındaki işlenebilirlikleri kontrol edilmektedir. Penetrasyon testi ile kirecin yayılması ve difüzyon hızı tespit edilmektedir.

3.2.6.9 Sönmemiş Kireçlerde Reaktivite Tayini

Sönmemiş kireçlerde reaktivite tayini TS EN 459 - 2 standardında belirtilen yöntem ve Resim 3.18’de görülen cihaz yardımıyla yapılmıştır.



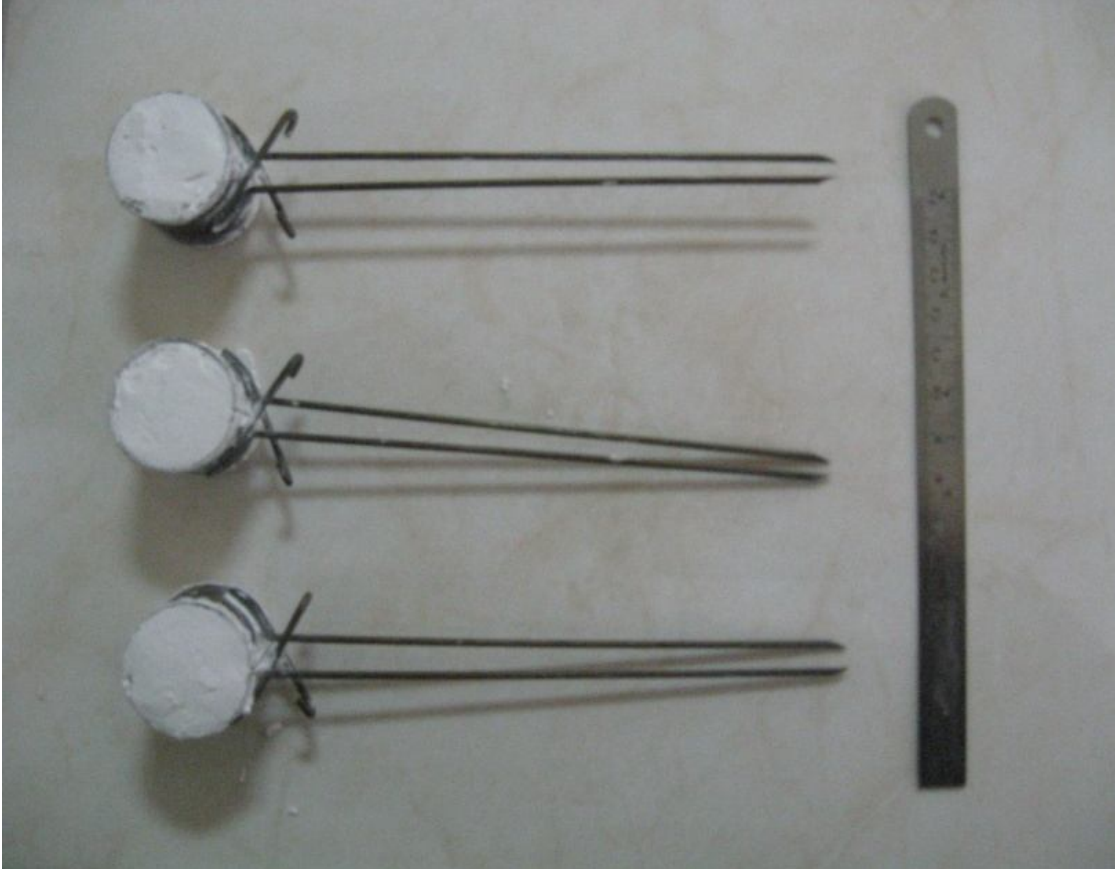
Resim 3.18 Reaktivite cihazı.

3.2.6.10 Sönmemiş Kireçlerde Verim Tayini

Sönmemiş kireçlerde verim tayini TS EN 459 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır.

3.2.6.11 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Hacim Değişmezliği Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde hacim değişmezliği tayini TS EN 459 - 2 standardında belirtilen yöntem ile yapılmıştır. Hacim değişmezliği fiziksel testi ile kullanım sürecinde oluşabilecek boyutsal değişimler gözlenmekte ve değerlendirilmektedir. Resim 3.19'da sönmüş, Resim 3.20'de sönmemiş kireçlerin hacim değişmezliği görüntüleri verilmiştir.



Resim 3.19 Le chatelier kalıp.



Resim 3.20 Kireç hamuru ile doldurulan bilezik aparatlar.

3.2.6.12 Sönmüş Kireçlerde Yığın Yoğunluğu Tayini

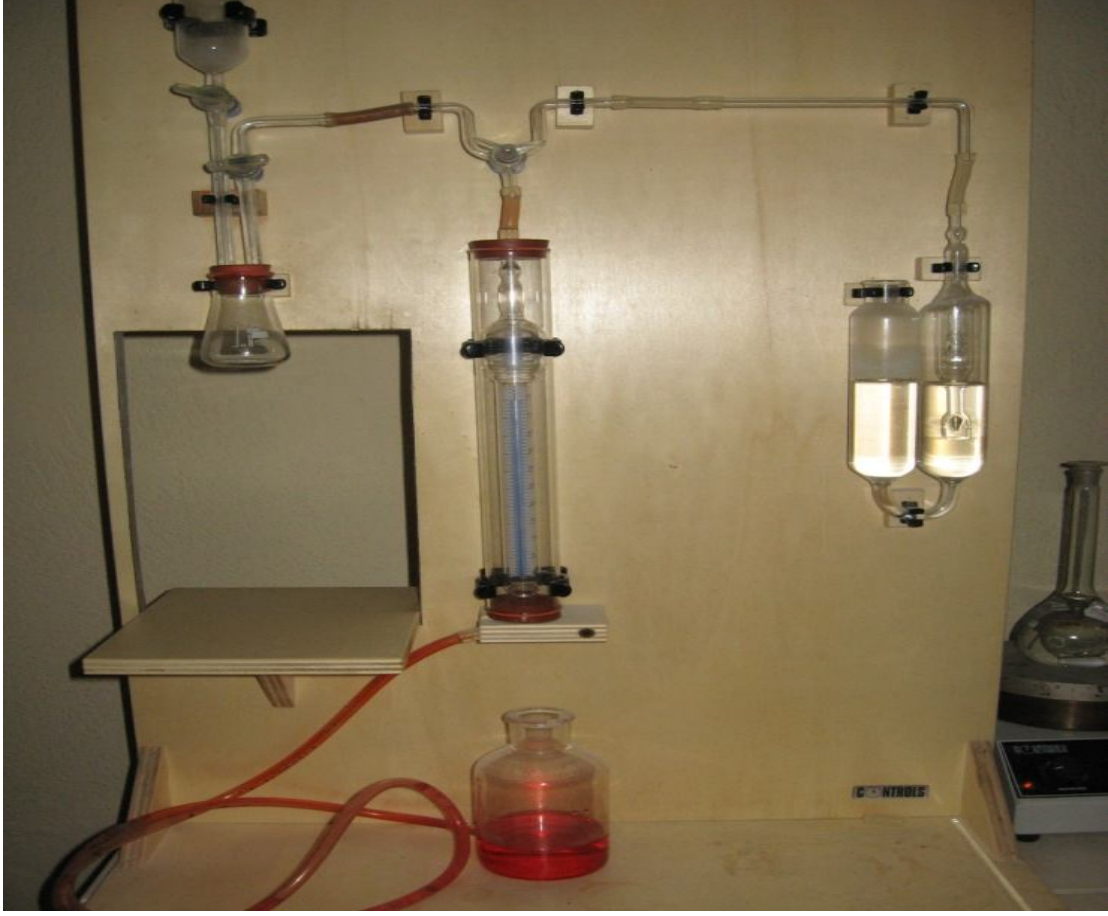
Sönmüş kireçlerde yığın yoğunluğu tayini TS EN 459 - 2 standardında belirtilen yöntem ve Resim 3.21’de gösterilen yoğunluk aparatı ile yapılmıştır.



Resim 3.21 Yoğunluk aпараты.

3.2.6.13 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde CO₂ Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde CO₂ tayini TS EN 459 - 2 standardında belirtilen yöntem ve Resim 3.22’de gösterilen kleine cihazı ile yapılmıştır. Yapı kireci içerisinde değişik şekillerde bulunan CO₂ hidroklorik asit ile açığa çıkarılarak hacimce tayin edilir.



Resim 3.22 CO₂ tayin cihazı (Kleine cihazı).

3.2.6.14 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Hava Muhtevası Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireçlerde hava muhtevası tayini TS EN 459 - 2 standardında belirtilen yöntem ve Resim 3.23’de gösterilen cihaz ile yapılmıştır. Hazırlanan harcın ihtiva ettiği hava miktarı tespiti kullanım esnasındaki yayılma özellikleri ve mukavemet etkisi açısından önemlidir. Basınç uygulanarak hava muhtevası tayini yapılmaktadır.



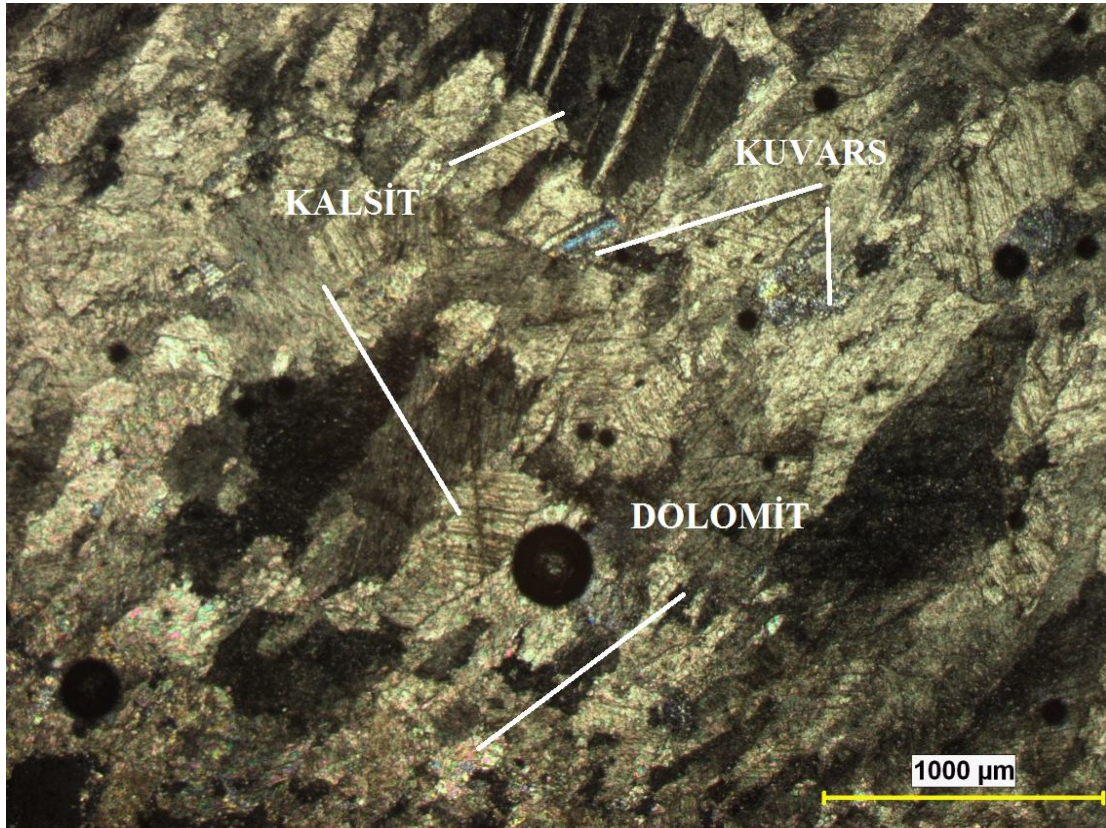
Resim 3.23 Hava muhtevası tayin cihazı.

4. DENEYSEL BULGULAR

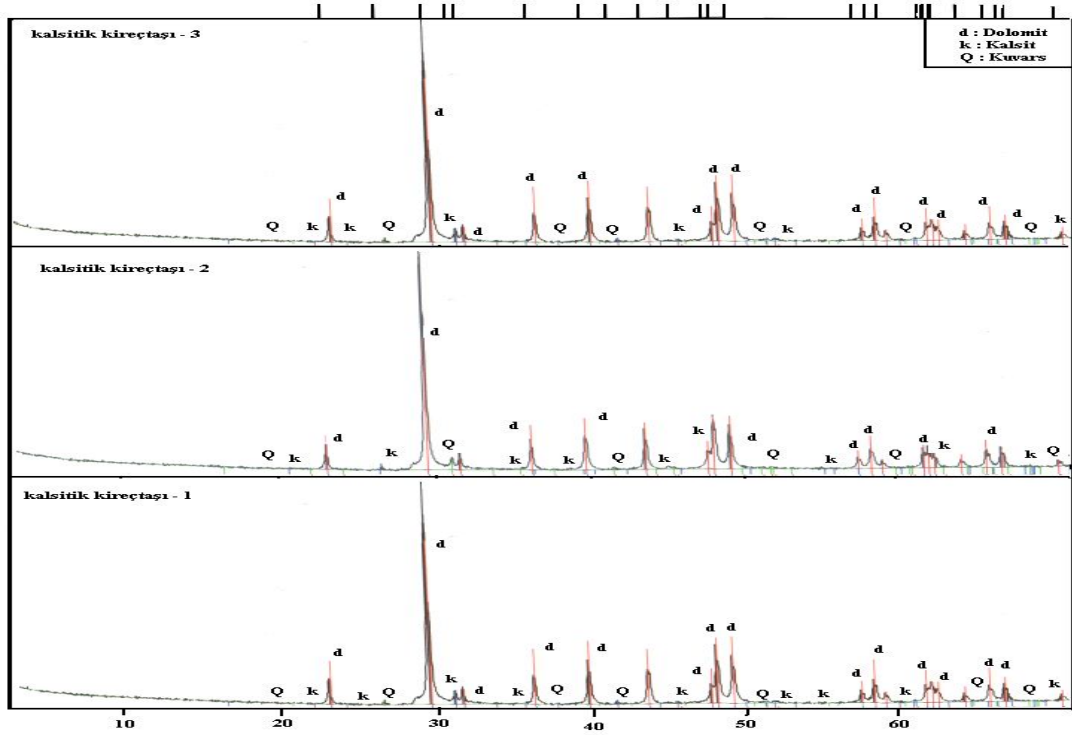
4.1 Mineralojik ve Petrografik Analizler

4.1.1 Kalsitik Kireçtaşlarının Mineralojik ve Petrografik Özelliklerin İncelenmesi

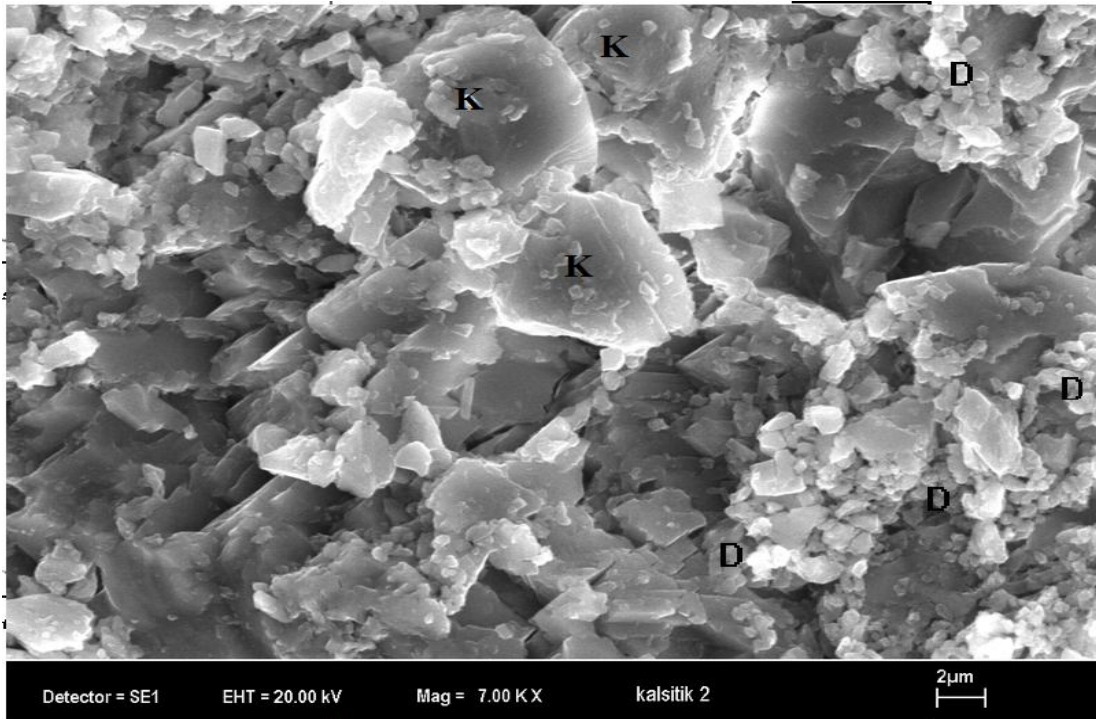
Kalsitik kireçtaşlarının mineralojik ve petrografik özelliklerini incelemek için Polarizan mikroskop fotoğrafları, XRD yöntemi ve SEM görüntüleri kullanılmıştır. Kalsitik kireçtaşlarına yapılan Polarizan mikroskop, XRD ve SEM incelemelerinde esas mineralin kalsit ve dolomit olduğu tespit edilmiştir. Kalsit dışında, kuvars, mika mineralleri ve opak mineraller de saptanmıştır. Bunlardan bir mika grubu mineral olan muskovit mineralinin varlığı EDX analizi yöntemi ile belirlenmiştir (Şekil 4.2). Resim 4.1’de polarizan mikroskop görüntüsü, Şekil 4.1’de XRD incelemeleri Resim 4.2’de SEM görüntüleri verilmiştir.



Resim 4.1 Kalsit tanelerinin ince kesit görüntüsü.

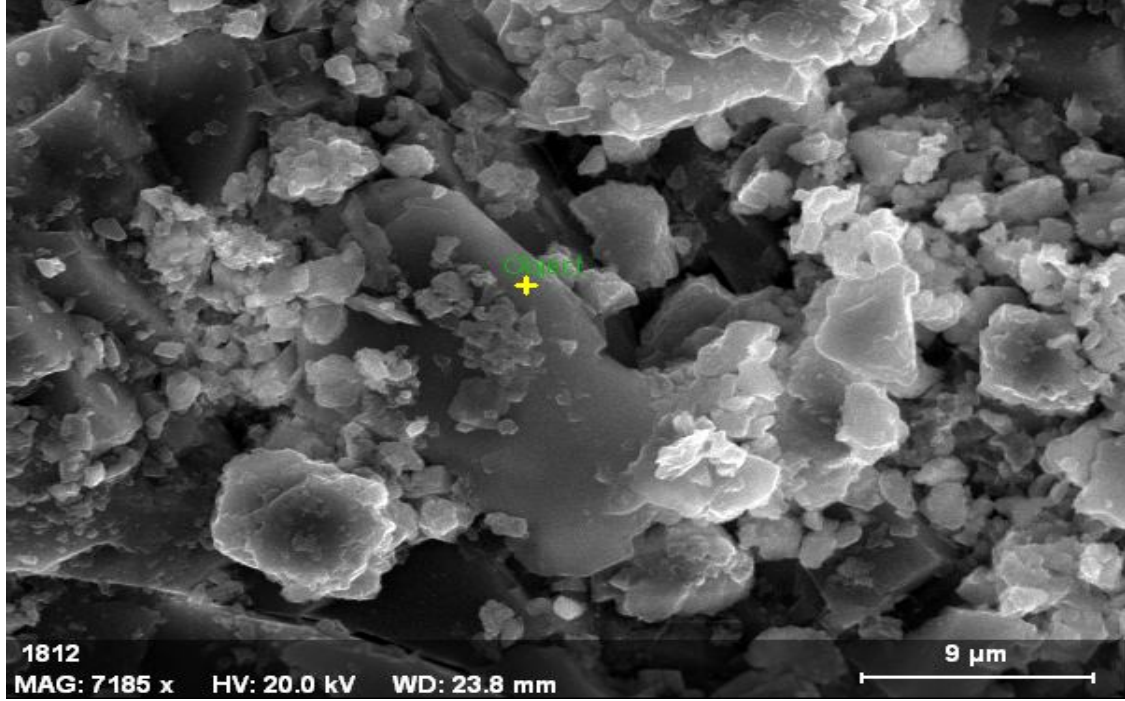


Şekil 4.1 Kalsitik kireçtaşı numunelerinin XRD görüntüleri.

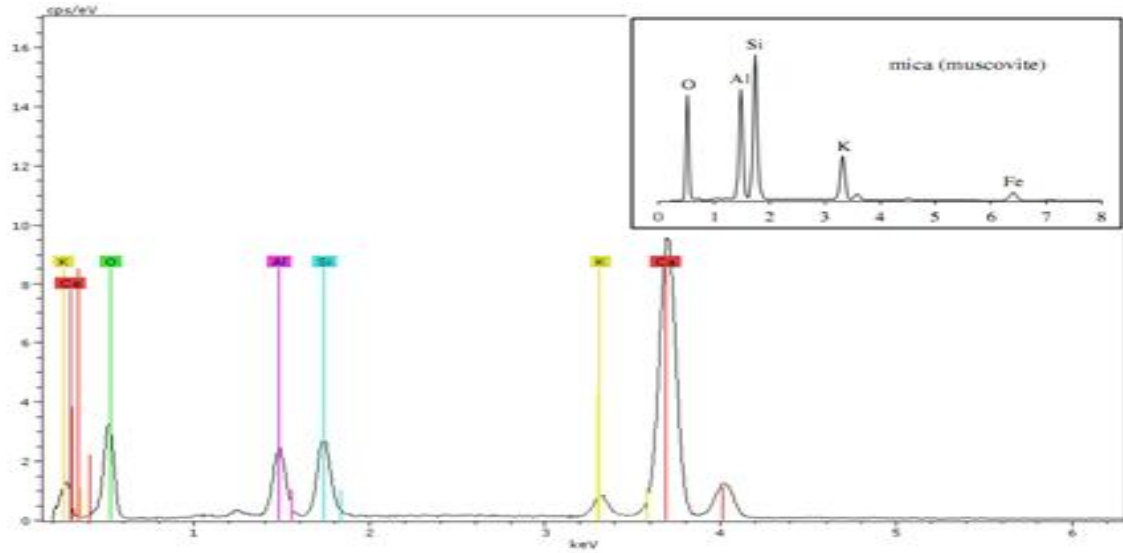


Resim 4.2 Kalsitik kireçtaşının SEM görüntüsü.

Resim 4.3’de işaretli noktada yapılan EDX analizine göre (Şekil 4.2) kalsitik kireçtaşının yapısında mika grubu mineral olan muskovit mineralinin olduğu anlaşılmıştır.



Resim 4.3 Kalsitik kireçtaşında gözlenen muskovit mineralinin SEM görüntüsü.



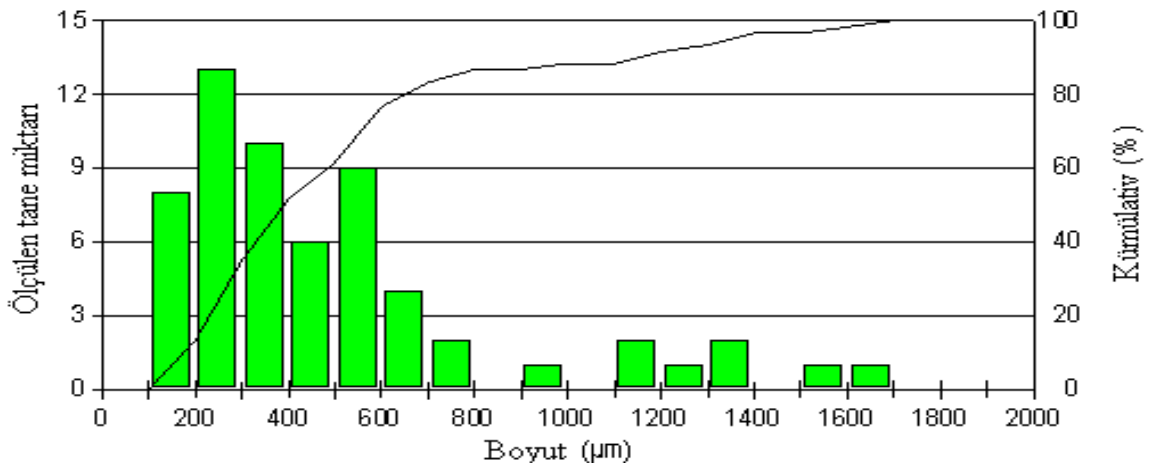
Şekil 4.2 Kalsitik kireçtaşında gözlenen muskovit mineralinin EDX analizi.

Kalsitik kireçtaşı numunelerinin Resim 4.4'deki Polarizan mikroskop fotoğrafına baktığımızda kalsit tanelerinin birbirlerine sıkıca girdiği görülmektedir. Bu, kayacın metamorfizma geçirdiğinin bir kanıtıdır. Ayrıca şekilde kalsit tanelerinin ikizlenmelerinin aynı düzlemde olduğu görülmektedir. Bu da metamorfizmaya basıncın etkili olduğunu göstermektedir.



Resim 4.4 Kalsit tanelerinin dizilişleri.

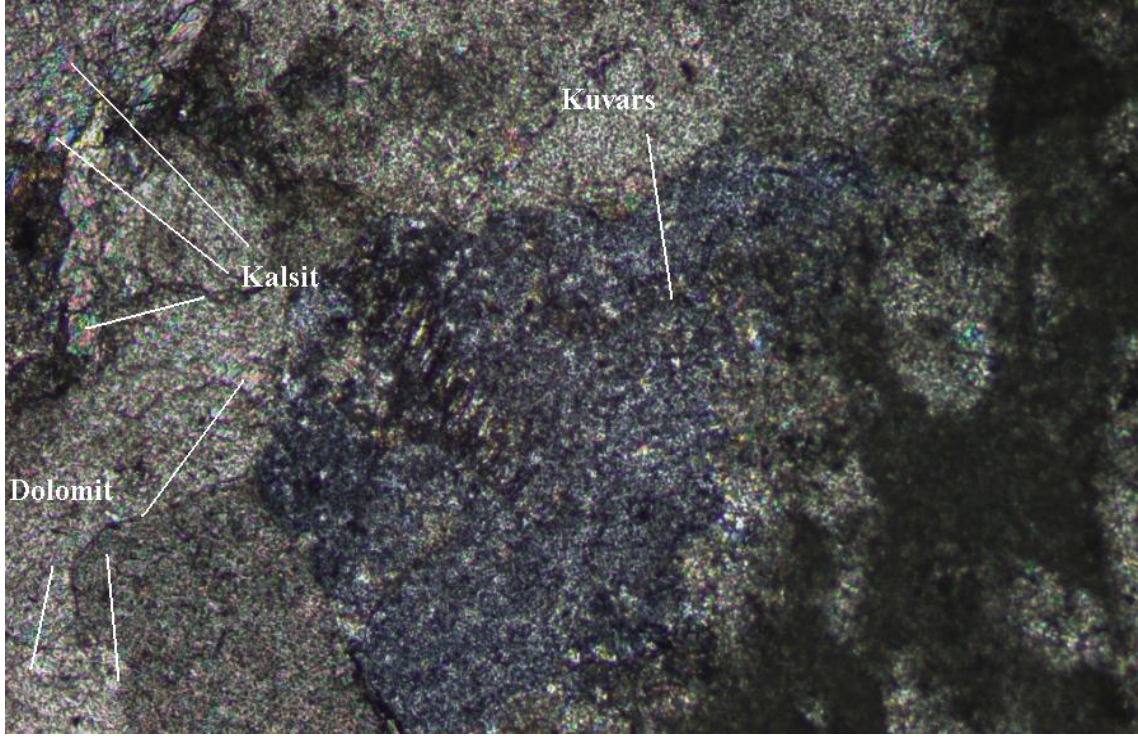
Mikroskop görüntülerindeki kalsit tanelerinden 60 adet ölçüm yapılmış bu ölçümlerde maksimum tane boyutu 1,61 mm minimum tane boyutu 116,4 μm ve ortalama tane boyutunun 498,5 μm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3).



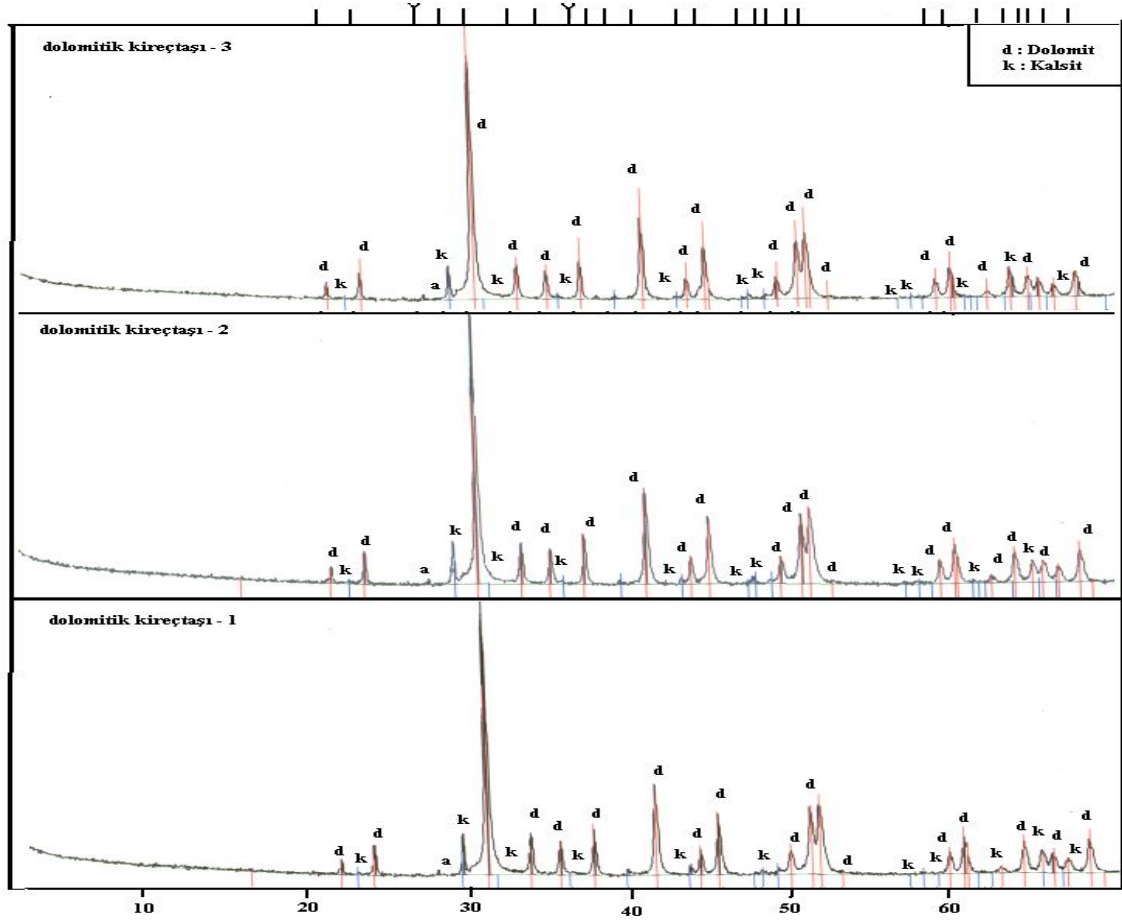
Şekil 4.3 Kalsitik kireçtaşı minerallerinin tane boyut dağılımı.

4.1.2 Dolomitik Kireçtaşlarının Mineralojik ve Petrografik zelliklerin İncelenmesi

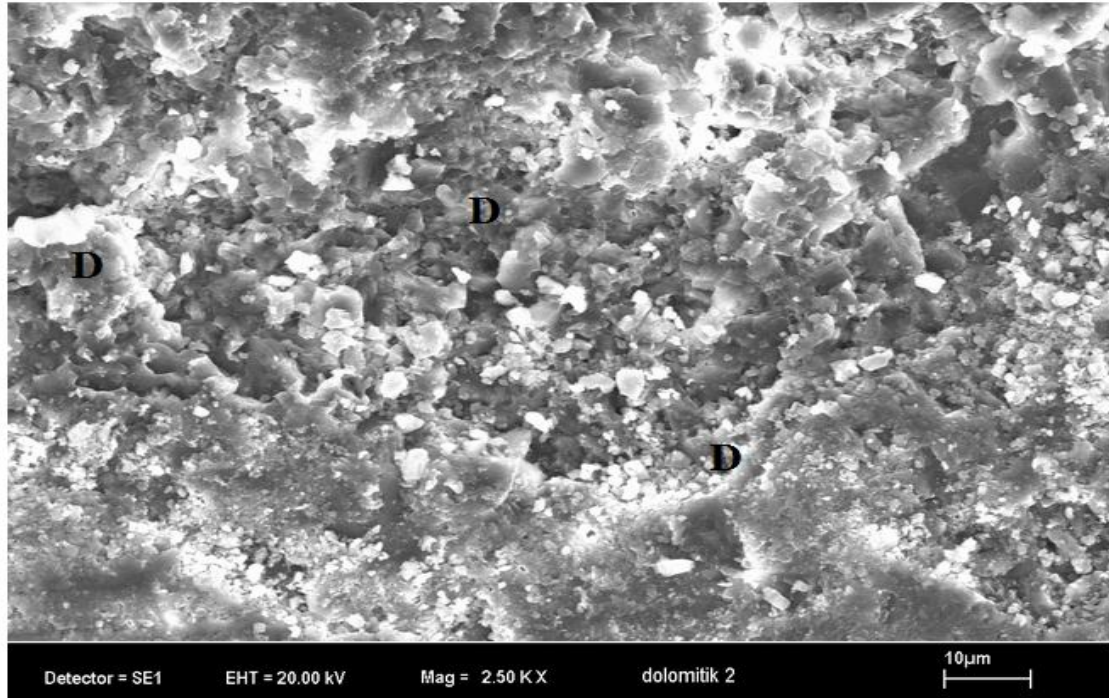
Dolomitik kireçtaşlarının mineralojik ve petrografik özelliklerini incelemek için Polorizan mikroskop fotoğrafları, XRD yöntemi ve SEM görüntüleri kullanılmıştır. Dolomitik kireçtaşlarına yapılan Polorizan mikroskop, XRD ve SEM incelemelerinde esas mineralin kalsit ve dolomit olduğu tespit edilmiştir. Kalsit dışında kuvars mineralini varlığı saptanmıştır. Resim 4.5’de polorizan mikroskop görüntüsü, şekil 4.4’de XRD incelemeleri Resim 4.6’de SEM görüntüleri verilmiştir.



Resim 4.5 Dolomit tanelerinin ince kesit görüntüsü.

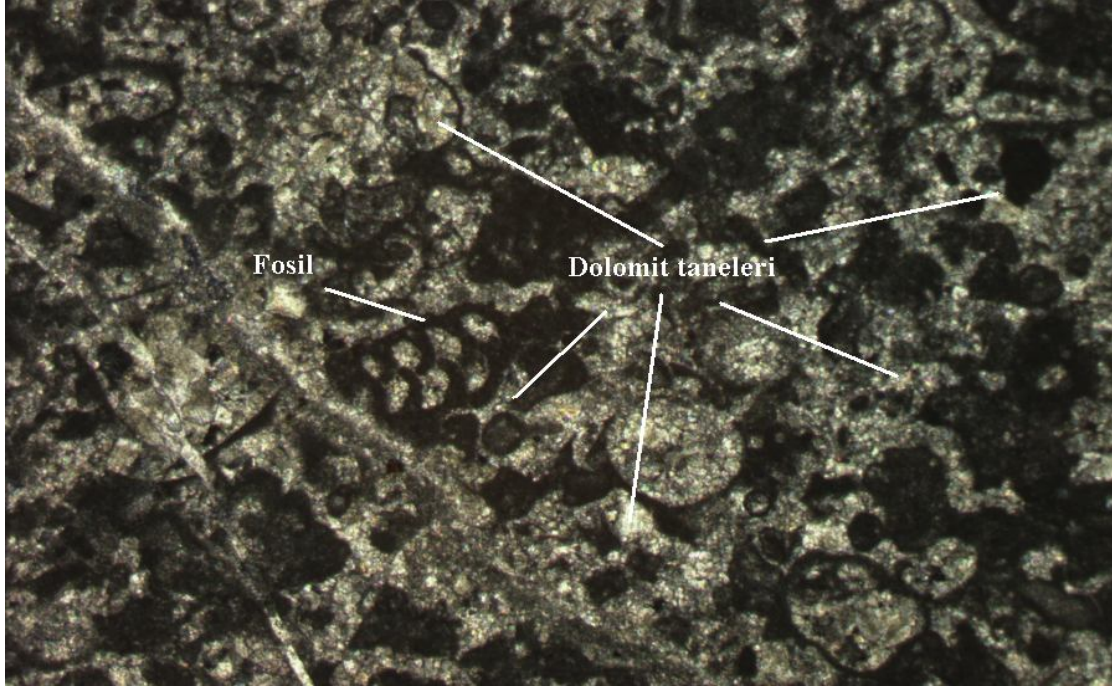


Şekil 4.4 Dolomitik kireçtaşı numunelerinin XRD görüntüleri.



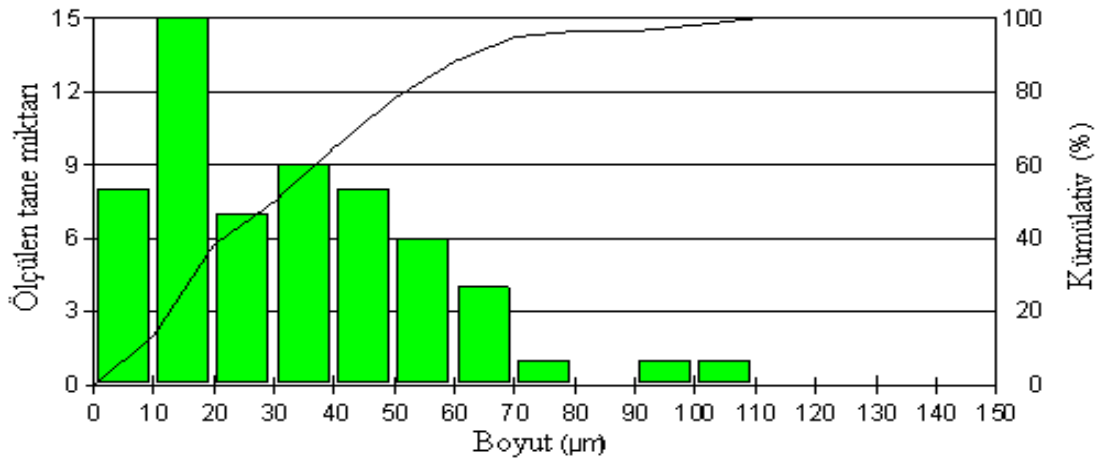
Resim 4.6 Dolomitik kireçtaşında gözlenen dolomit minerallerinin SEM görüntüsü

Resim 4.7’de görüldüğü gibi kayaçta fosiller bulunmaktadır. Bu durum kayacın metamorfizmaya uğramadığını göstermektedir. Ayrıca şekle baktığımızda merkezde bir çekirdeğin etrafına dolomit mineralleri konsantrik bir şekilde kristalleşerek oolitik dokuyu oluşturmuştur.



Resim 4.7 Foraminifer fosili içeren dolomitik kireçtaşı.

Mikroskop görüntülerindeki kalsit tanelerinden 60 adet ölçüm yapılmış bu ölçümlerde maksimum tane boyutu 103,4 μm minimum tane boyutu 5,2 μm ve ortalama tane boyutunun 33,1 μm olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Dolomitik kireçtaşı minerallerinin tane boyut dağılımı.

4.2 Kimyasal Özelliklerin Belirlenmesi

4.2.1 Kimyasal Analiz

Kalsitik kireçtaşlarının esas bileşeni olan CaO miktarı %53,18 ile %54,87 arasında değişmektedir. MgO miktarının %0,32 - 0,97 arasında olması analiz yapılan örneklerde dolomitleşmenin olmadığını göstermektedir. Bileşime giren diğer oksitler %1'in altındadır. Kızdırma kaybı ise yaklaşık %43 oranında olup bu durum karbonatların parçalanarak CO₂'i ortama terk etmesinin sonucudur.

Dolomitik kireçtaşlarının esas bileşeni olan CaO miktarı %30,28 ile %32,56 arasında değişmektedir. MgO miktarının %19,98–21,54 arasında olması analiz yapılan örneklerde dolomitleşmenin olduğunu göstermektedir. Bileşime giren diğer oksitler %1'in altındadır. Kızdırma kaybı ise yaklaşık %46 oranında olup bu durum karbonatların parçalanarak ortama CO₂'i terk etmesi ve dolomitik kireçtaşı içerisindeki organik maddelerin sonucudur.

Çizelge 4.1 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının kimyasal özellikleri.

Numune cinsi	Numune No	Bileşim (%)								
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	K.K
Kalsitik kireçtaşı	1	0,72	0,3	0,01	0,09	54,44	0,41	0,01	0,16	43,33
	2	0,75	0,31	0,01	0,07	53,18	0,97	0,04	0,21	43,94
	3	0,70	0,29	0,02	0,11	54,87	0,32	0,01	0,14	43,03
	<u>Ortalama</u>	<u>0,723</u>	<u>0,3</u>	<u>0,013</u>	<u>0,09</u>	<u>54,16</u>	<u>0,56</u>	<u>0,02</u>	<u>0,17</u>	<u>43,43</u>
Dolomitik kireçtaşı	1	0,34	0,09	0,01	0,03	31,2	20,91	0,01	0,002	47,05
	2	0,42	0,09	0,02	0,05	30,28	19,98	0,01	0,008	48,89
	3	0,27	0,07	0,01	0,02	32,56	21,54	0,02	0,001	45,01
	<u>Ortalama</u>	<u>0,343</u>	<u>0,08</u>	<u>0,013</u>	<u>0,033</u>	<u>31,34</u>	<u>20,81</u>	<u>0,013</u>	<u>0,0036</u>	<u>46,98</u>

Kalsitik kireçtaşlarının kireç imalinde kullanılabilmesi için TS 11669 nolu kireç imalinde kullanılan kireçtaşı standardında belirtilen kimyasal özelliklerde olması gerekmektedir. Çizelge 4.2'ye baktığımızda Emirdağ kalsitik kireçtaşlarının kimyasal

bileşimi standartta belirtilen sınırları geçmediğinden dolayı kireç imalinde kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 4.2 Emirdağ kalsitik kireçtaşlarının kimyasal bileşimi ile TS 11669 standardında istenen kimyasal bileşimlerin karşılaştırılması

Bileşik	Emirdağ kalsitik kireçtaşı (%)	TS 11669 (%)
MgO	0,561	5 (max.)
R ₂ O ₃	0,39	1,5 (max.)
SiO ₂	0,723	2,5 (max.)

Dolomitik kireçtaşlarının cam imalinde kullanılabilmesi için TS 10720 nolu cam imalinde kullanılan dolomitler standardında belirtilen kimyasal özelliklerde olması gerekmektedir. Çizelge 4.3'e baktığımızda Emirdağ dolomitik kireçtaşlarının kimyasal bileşimi standartta belirtilen sınırları geçmediğinden dolayı cam imalinde kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 4.3 Emirdağ dolomitik kireçtaşlarının kimyasal bileşimi ile TS 0720 standardında istenen kimyasal bileşimlerin karşılaştırılması

Bileşik	Emirdağ dolomitik kireçtaşı (%)	TS 10720 (%)
MgO	20,81	18 (min.)
CaO	31,34	35 (max.)
F ₂ O ₃	0,033	0,1 (max.)
SiO ₂	0,34	1 (max.)
Al ₂ O ₃	0,08	0,1 (max.)

4.3 Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi

4.3.1 Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Tayini

Kalsitik kireçtaşlarının su emme değerleri Çizelge 4.4’de, dolomitik kireçtaşlarının su emme değerleri ise Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Kalsitik kireçtaşının atmosfer basıncı altında su emme değerleri.

Numune numarası	Kuru ağırlık (g)	Suya doymun ağırlık (g)	Su emme değeri (%)	TS 11137 (Kireçtaşı) (%)	TS 10449 (Mermer) (%)
1	944,7	946,3	0,169	4 (max.)	0,4 (max.)
2	923,4	925,1	0,184		
3	942,4	944,1	0,18		
4	942	943,5	0,159		
5	944	945,7	0,18		
6	953,9	955,8	0,199		
Ortalama	941,7	943,58	0,1785		

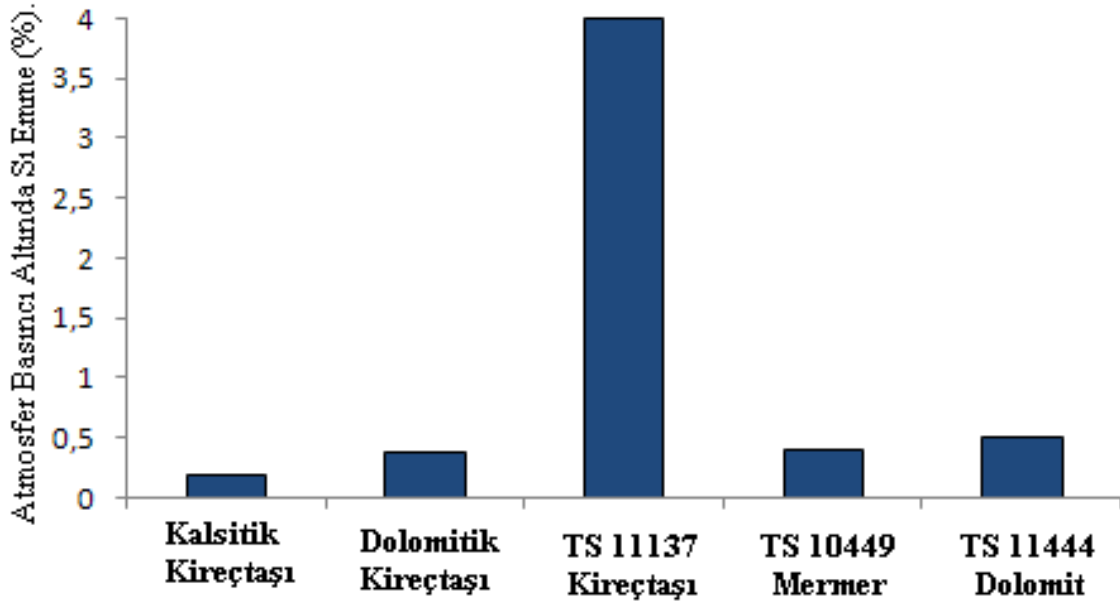
Çizelge 4.5 Dolomitik kireçtaşlarının atmosfer basıncı altında su emme değeri.

Numune numarası	Kuru ağırlık (g)	Suya doymun ağırlık (g)	Su emme değeri (%)	TS 11444 (Dolomit) (%)
1	967,4	971,2	0,3928	0,5 (max.)
2	925,4	929,5	0,4430	
3	956,5	960,3	0,3972	
4	968,1	970,7	0,26856	
5	941,2	944,9	0,3931	
6	959,3	962,9	0,3752	
Ortalama	952,98	956,583	0,37831	

TS 11137'ye göre kireçtaşlarının su emme oranı maksimum %4, TS 10449'a göre mermerlerin su emme oranı maksimum %0,4 olmalıdır. Çizelge 4.4'e göre kalsitik kireçtaşlarının su emme oranı %0,159-0,199 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre kalsitik kireçtaşlarının su emme değeri TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü maksimum değerin altında kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir (Şekil 4.6).

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının su emme oranı maksimum %0,5 olmalıdır. Çizelge 4.5'e göre dolomitik kireçtaşlarının su emme oranı %0,26856–0,4430 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının su emme değeri TS 11444 standardının öngördüğü maksimum değerin altında kalmaktadır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444'e göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir (Şekil 4.6).

Kalsitik ve Dolomitik kireçtaşlarının atmosfer basıncı altında su emme oranları ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması Şekil 4.6'da grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.6 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının su emme miktarları ile standartlara göre maksimum değerlerin karşılaştırması.

4.3.2 Özgöl Ağırlık Tayini

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının özgöl ağırlık değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının özgöl ağırlık değerleri.

Numune cinsi	Numune numarası	Özgöl ağırlık (g/cm ³)	Ortalama özgöl ağırlık (g/cm ³)
Kalsitik Kireçtaşı	1	2,7158	2,7146
	2	2,7025	
	3	2,7255	
Dolomitik Kireçtaşı	1	2,7117	2,8344
	2	2,8485	
	3	2,8391	

Çizelge 4.6’da görüldüğü gibi, kalsitik kireçtaşlarının dolomitik kireçtaşlarına göre yoğunluğu daha düşüktür. Her iki kayaçta da kalsit ve dolomit mineralleri esas bileşeni oluşturmaktadır. Dolomitik kireçtaşlarında dolomit, kalsitik kireçtaşlarına göre daha fazla bulunmaktadır. Bu nedenle dolomitik kireçtaşlarının yoğunluğu daha fazladır.

4.3.3 Görünür Yoğunluk Tayini

Kalsitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk değerleri Çizelge 4.7’de, dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Kalsitik kireçtaşının görünür yoğunluk değeri.

Numune numarası	Kuru ağırlık (g)	Suya doygun ağırlık (g)	Arşimet içindeki ağırlık (%)	Görünür yoğunluk değeri (g/cm ³)	TS 11137 (Kireçtaşı) (g/cm ³)	TS 10449 (Mermer) (g/cm ³)
1	938,6	940,8	590,7	2,6755	2,16 (min.)	2,55 (min.)
2	976,2	978	615,3	2,6860		
3	938,3	939,9	590,5	2,680		
4	925,6	927,7	582,6	2,6767		
5	930,4	933	583,9	2,6704		
6	938,4	939,5	589,7	2,6773		
Ortalama	941,25	943,15	592,11	2,6776		

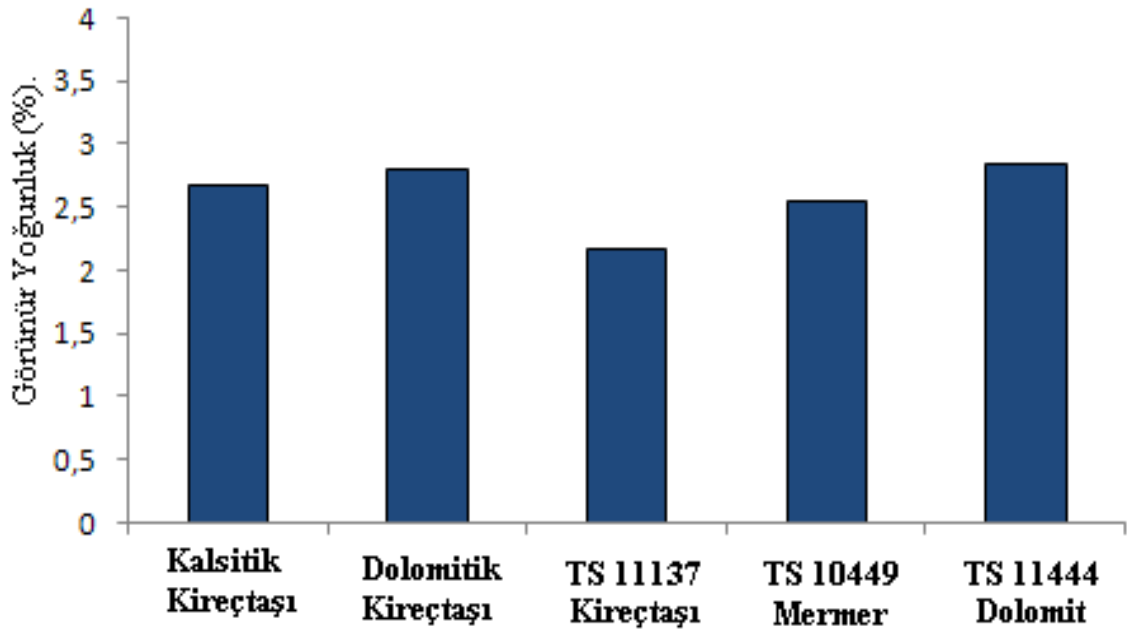
Çizelge 4.8 Dolomitik kireçtaşının görünür yoğunluk değeri.

Numune numarası	Kuru ağırlık (g)	Suya doygun ağırlık (g)	Arşimet içindeki ağırlık (%)	Görünür yoğunluk değeri (g/cm ³)	TS 11444 (Dolomit) (g/cm ³)
1	987,2	990,3	638,1	2,7973	2,85 (min.)
2	922,1	924,6	594,9	2,7911	
3	968,2	971,4	625,8	2,7959	
4	995,1	996,7	641,8	2,7982	
5	986,7	989,1	637,7	2,8022	
6	905,6	909	574,3	2,8065	
Ortalama	960,81	963,51	618,76	2,7985	

TS 11137'ye göre kireçtaşlarının görünür yoğunluk miktarı minimum 2,16 g/cm³, TS 10449'a göre mermerlerin görünür yoğunluk miktarı minimum 2,55 g/cm³ olmalıdır. Çizelge 4.7'ye göre kalsitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk miktarı 2,6704 - 2,6860 gr/cm³ arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre kalsitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk değeri TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü değer üzerinde kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk miktarı minimum 2,85 g/cm³ olmalıdır. Çizelge 4.8'e göre dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk miktarı 2,7911 - 2,8065 g/cm³ arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk değeri TS 11444 standardının öngördüğü değerin altında kalmaktadır. Bu durumun başlıca sebebi kayacın gözenekli bir yapıda olmasındandır. Dolomitik kireçtaşlarının toplam gözenekliliği %1,266 olarak hesaplanmıştır. Toplam gözeneklilik açısından da zaten dolomitik kireçtaşları standart da belirtilen %2 maksimum değere yakındır. Toplam gözeneklilik değerinin düşük çıkmasının bir başka sebebi de yapılan minerolojik ve petrografik analizlerden ortaya çıkan sedimanter oluşumdur. Yani kayaç metamorfizma geçirmemiştir. Yine minerolojik analizlerde kayacın tanelerinde dizilim görülmemiştir. Buda kayaca basıncın etki etmediğini göstermektedir. Basınç etkisi olmadığından dolayı gözenekler kapanmamıştır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444'e göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özellikte değildir.

Kalsitik ve Dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması Şekil 4.7'de grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.7 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunlukları ile standartlara göre minimum değerlerin karşılaştırması

4.3.4 Görünür Hacim Tayini

Görünür yoğunluk analizinde elde edilen tartım değerleri görünür hacim tayini için kullanılabilir. Kalsitik kireçtaşlarının görünür hacim değerleri Çizelge 4.9’da, dolomitik kireçtaşlarının görünür hacim değerleri Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kalsitik kireçtaşlarının görünür hacim değerleri.

Numune numarası	Suya doygun ağırlık (g)	Arşimet içindeki ağırlık (%)	Görünür hacim değeri (cm ³)
1	940,8	590,7	350,80
2	978	615,3	363,43
3	939,9	590,5	350,1
4	927,7	582,6	345,79
5	933	583,9	349,79
6	939,5	589,7	350,5
Ortalama	943,15	592,11	351,735

Çizelge 4.10 Dolomitik kireçtaşı numunelerinin görünür hacim değerleri.

Numune numarası	Suya doygun ağırlık (g)	Arşimet içindeki ağırlık (%)	Görünür hacim değeri (cm ³)
1	990,3	638,1	352,905
2	924,6	594,9	330,36
3	971,4	625,8	346,29
4	996,7	641,8	355,611
5	989,1	637,7	352,104
6	909	574,3	335,370
Ortalama	963,51	618,76	345,44

4.3.5 Açık Gözeneklilik Tayini

Görünür yoğunluk analizinde elde ettiğimiz tartım değerleri açık gözeneklilik tayini için de kullanılabilir. Kalsitik kireçtaşlarının açık gözeneklilik değerleri Çizelge 4.11’de, dolomitik kireçtaşlarının açık gözeneklilik değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 Kalsitik kireçtaşının açık gözeneklilik değeri.

Numune numarası	Kuru ağırlık (g)	Suya doymun ağırlık (g)	Arşimet içindeki ağırlık (%)	Açık gözeneklilik değeri (%)
1	938,6	940,8	590,7	0,628
2	976,2	978	615,3	0,4962
3	938,3	939,9	590,5	0,4579
4	925,6	927,7	582,6	0,6085
5	930,4	933	583,9	0,7447
6	938,4	939,5	589,7	0,3144
Ortalama	941,25	943,15	592,11	0,5416

Çizelge 4.12 Dolomitik kireçtaşlarını açık gözeneklilik değeri.

Numune numarası	Kuru ağırlık (g)	Suya doymun ağırlık (g)	Arşimet içindeki ağırlık (%)	Açık gözeneklilik değeri (%)
1	987,2	990,3	638,1	0,8794
2	922,1	924,6	594,9	0,7582
3	968,2	971,4	625,8	0,9259
4	995,1	996,7	641,8	0,4508
5	986,7	989,1	637,7	0,6829
6	905,6	909	574,3	1,0158
Ortalama	960,81	963,51	618,76	0,7855

Yapılan deney sonucunda kalsitik kireçtaşının açık gözeneklilik değeri %0,5416 bulunmuştur. Bu değer düşük olması su emme miktarını da etkilemiştir ve doğal olarak su emme miktarı (%0,1785) düşük çıkmıştır. Dolomitik kireçtaşının açık

gözeneklilik değeri ise %0,7855 bulunmuştur. Bu değer kalsitik kireçtaşının açık gözeneklilik değerine göre yüksektir. Bu nedenle su emme oranı (%0,37831) da yüksek çıkmıştır.

4.3.6 Toplam Gözeneklilik Tayini

Toplam gözeneklilik değerini hesaplamak için görünür yoğunluk ve gerçek yoğunluk değerlerini bilmemiz yeterlidir. Burada kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının gerçek ve görünür yoğunluklarının ortalama değerlerini kullanmamız yeterli olacaktır. Toplam gözeneklilik değeri çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değerleri.

Numune	Görünür yoğunluk (g/cm ³)	Gerçek yoğunluk (g/cm ³)	Toplam gözeneklilik (%)
Kalsitik kireçtaşı	2,6776	2,7146	1,363
Dolomitik kireçtaşı	2,7985	2,8344	1,266

TS 11137 ve TS 10449'a göre kireçtaşları ve mermerlerin toplam gözeneklilik oranı maksimum %2 olmalıdır. Çizelge 4.13'e göre kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı %1,363'tür. Bu sonuca göre kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü maksimum değer in altında kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 4.14 Kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değeri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması.

	Toplam gözeneklilik (%)
Kalsitik kireçtaşları	1,363
TS 11137 Kireçtaşı	2 (max.)
TS 10449 Mermer	2 (max.)

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı maksimum %2 olmalıdır. Çizelge 4.15'e göre dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı %1,266'dır. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk değeri TS 11444 standardının öngördüğü maksimum değer altında kalmaktadır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444'e göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 4.15 Dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değeri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması.

	Toplam gözeneklilik (%)
Dolomitik kireçtaşları	1,266
TS 11444 Dolomit	2 (max.)

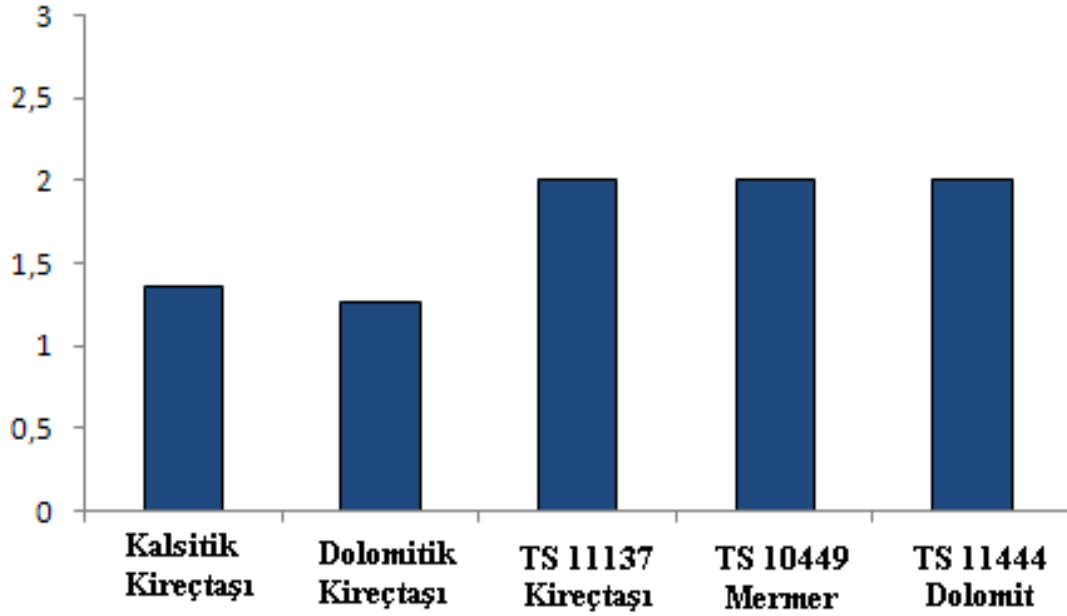
Kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı dolomitik kireçtaşlarına göre daha fazladır. Bu veriler ışığında kalsitik kireçtaşlarının su emme miktarı daha fazla çıkması beklenir. Fakat su emmede önemli olan açık gözenek miktarıdır. Kalsitik kireçtaşlarının toplam gözenek oranı fazla olmasına rağmen açık gözenek oranı daha azdır. Bu da gözenek miktarı fazla ve bu gözeneklerin çoğunun kapalı olduğunu göstermektedir. Bu durum kalsitik kireçtaşlarının ses izolasyonunda başarılı olduğunu göstermektedir. Ayrıca boya, plastik, kağıt gibi malzemelerin üretiminde de dolgu maddesi olarak değerlendirilebilir. Dolomitik kireçtaşlarının ise toplam gözenek oranı kalsitik kireçtaşlarına göre daha az iken açık gözenek oranı ve su emme oranı kalsitik kireçtaşlarına göre daha fazladır. Bu durum dolomitik kireçtaşlarının Gözenlerinin çoğunun açık olduğunu göstermektedir.

Kalsitik kireçtaşları, %1,363'lük toplam gözeneklilik oranı ile Çizelge 4.16'da verilen kaya sınıflamasına göre "Az Boşluklu" kaya sınıfında, dolomitik kireçtaşları ise %1,266'lık toplam gözeneklilik oranı ile yine "Az Boşluklu" kaya sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4.16 Kayaçların toplam gözeneklilik değerlerine göre sınıflandırılması (Tarhan, 1989).

Kaya Sınıfı	Toplam Gözeneklilik
Çok Kompakt	≤ 1
Az Boşluklu	1 – 2,5
Orta Boşluklu	2,5 – 5
Oldukça Boşluklu	5 – 10
Çok Boşluklu	10 – 20
Çok Fazla Boşluklu	≥ 20

Kalsitik ve Dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması Şekil 4.8’de grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.8 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik değerleri ile standartlara göre maksimum değerlerin karşılaştırması.

4.3.7 Ultra Ses Geçiş Hızı Tayini

Kalsitik kireçtaşlarının ulatra ses geçiş hızları Çizelge 4.17’de, dolomitik kireçtaşlarının ultrases geçiş hızları ise Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Kalsitik kireçtaşlarına ait sismik hız değerleri.

Numune	Yüzey Numarası	Kalınlık (mm)	Ses Geçiş Zamanı (μsn)	Sismik Hız (km/sn)	Her Bir Numune İçin Ort. Sismik Hız (km/sn)	Kalsitik Kireçtaşlarının Ortalama Sisimik Hızı (km/sn)					
K1	X	70,4	15,7	4,48	5,2	5,14					
	Y	71,2	12,8	5,56							
	Z	69,7	12,5	5,57							
K2	X	68,9	15,1	4,56	4,82		5,14				
	Y	69,3	14,2	4,88							
	Z	69,4	13,8	5,02							
K3	X	70,3	12,8	5,49	5,58			5,14			
	Y	71	12,3	5,77							
	Z	69,8	12,7	5,49							
K4	X	69,1	12,5	5,52	5,36				5,14		
	Y	70,5	12,8	5,5							
	Z	71,1	14	5,07							
K5	X	70,4	13,7	5,13	4,8					5,14	
	Y	70,9	13,8	5,13							
	Z	69,4	16,7	4,15							
K6	X	71,2	13,9	5,12	5,09						5,14
	Y	70,6	13,5	5,22							
	Z	68,7	13,9	4,94							

Çizelge 4.18 Dolomitik kireçtaşlarına ait sismik hız değerleri.

Numune	Yüzey Numarası	Kalınlık (mm)	Ses Geçiş Zamanı (μsn)	Sismik Hız (km/sn)	Her Bir Numune İçin Ort. Sismik Hız (km/sn)	Dolomitik Kireçtaşlarının Ortalama Sisimik Hızı (km/sn)
D1	X	68,2	12,1	4,34	5,12	5,13
	Y	69,1	12,5	5,39		
	Z	70,6	12,6	5,64		
D2	X	71,3	12,2	4,72	4,89	
	Y	70	12,2	4,92		
	Z	69,7	11,8	5,05		
D3	X	71,1	11,8	5,55	5,56	
	Y	68,5	10,7	5,56		
	Z	70,8	11	5,57		
D4	X	71,2	12,7	5,69	5,39	
	Y	70,6	12,4	5,51		
	Z	69,7	12,1	4,97		
D5	X	68,4	12,2	4,99	4,79	
	Y	71,3	12,7	5,16		
	Z	70,8	12,6	4,23		
D6	X	68,4	11	4,92	5,06	
	Y	69,7	11,2	5,16		
	Z	71,3	13,7	5,12		

Kalsitik kireçtaşlarının sismik hız değeri Çizelge 4.17'ye göre 4,82 km/sn–5,58 km/sn arasında değişmektedir. Kalsitik kireçtaşlarına uygulanan sismik dalga hızı, Çizelge 4.19'da verilen sınıflandırmaya göre kayacı çok yüksek hızda geçmiştir.

Dolomitik kireçtaşlarının sismik hız değeri Çizelge 4.18'e göre 4,79 km/sn–5,39 km/sn arasında değişmektedir. Dolomitik kireçtaşlarına uygulanan sismik dalga hızı Çizelge 4.19'da verilen sınıflandırmaya göre kayacı çok yüksek hızda geçmiştir.

Çizelge 4.19 Dalga hız sınıflaması (Tarhan, 1989).

Sınıf	Dalga Hızı (km/sn)	Tanımlama
1	$\leq 2,5$	Çok Düşük Hız
2	2,5 – 3,5	Düşük Hız
3	3,5 – 4	Orta Hız
4	4 -5	Yüksek Hız
5	≥ 5	Çok Yüksek Hız

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sismik hız değerlerini karşılaştırdığımızda, kalsitik kireçtaşlarının ortalama 5,14 km/sn olan sismik hız değeri ile dolomitik kireçtaşlarının ortalama 5,13 km/sn olan sismik hız değerleri birbirine oldukça yakındır. Sismik dalga boşlukta daha yavaş hareket edeceği için toplam gözeneklilik değeri ile ilişkilidir. Bu sebeple kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranları karşılaştırıldığında toplam gözeneklilik oranı %1,363 olan kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı %1,266 olan dolomitik kireçtaşlarına oldukça yakın olduğu görülmektedir

4.4 Mekanik Özelliklerin Belirlenmesi

4.4.1 Sürtünme ile Aşınma Kaybı Tayini

Böhme deneyinde hem hacim azalması hem de kalınlık azalması hesaplanmıştır. Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma kaybı değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Sürtünme ile aşınmada en önemli faktör kayacın sertliği ile gözeneklilik oranıdır. Kayacın sert olması aşınma tozuna karşı mukavemeti arttırırken boşluk oranının az olması aşınma anında boşalan hacmi azaltır. Böylece her aşınma sonunda kaybedilen hacim azalmış olur. Schmidt sertliği 49,41 olan dolomitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma değerinin Schmidt sertliği 39,33 olan kalsitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma değerinden küçük çıkması dolomitik kireçtaşlarının daha sert olmasından dolayı beklenen bir durumdur (Çizelge 4.20). Ayrıca Dolomitik kireçtaşlarının toplam

gözeneklilik oranı (%1,266), Kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranından (%1,363) düşük olması bu sonucu desteklemektedir.

Çizelge 4.20 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma kaybı değerleri.

Numune cinsi	Numune numarası	d ₀ (cm)	d ₁ (cm)	d(cm ³ /50cm ²)	Ortalama d (cm ³ /50cm ²)	TS 11137 Kireçtaşı (max. cm ³ /50cm)	TS 10449 Mermer (max. cm ³ /50cm)
Kalsitik	1	7,06	6,85	10,5	11,2	Döşeme=15 Kaplama=25	Döşeme=15 Kaplama=25
	2	6,94	6,73	10,5			
	3	7,07	6,84	11,5			
	4	7,17	6,90	13,5			
	5	7,02	6,82	10			
Dolomitik	1	6,89	6,79	5	4,4	TS 10449 Dolomit (max. cm ³ /50cm)	
	2	6,98	6,90	4		Döşeme=15 Kaplama=25	
	3	6,93	6,84	4,5			
	4	7,18	7,11	3,5			
	5	6,96	6,86	5			

Yapılan analiz sonucunda kalsitik kireç taşlarının ortalama aşınma değeri 11,2 cm³/50cm², dolomitik kireç taşlarının ortalama aşınma değeri ise 4,4 cm³/50cm² çıkmıştır. TS 11444, TS 11137 ve TS 10449'a göre döşeme için üst sınır 15 cm³/50cm² kaplama için üst sınır 25 cm³/50cm² olduğu görülmektedir. Bu sebeple kalsitik ve dolomitik kireçtaşları hem döşeme hem de kaplama olarak kullanılabilir özelliktedir.

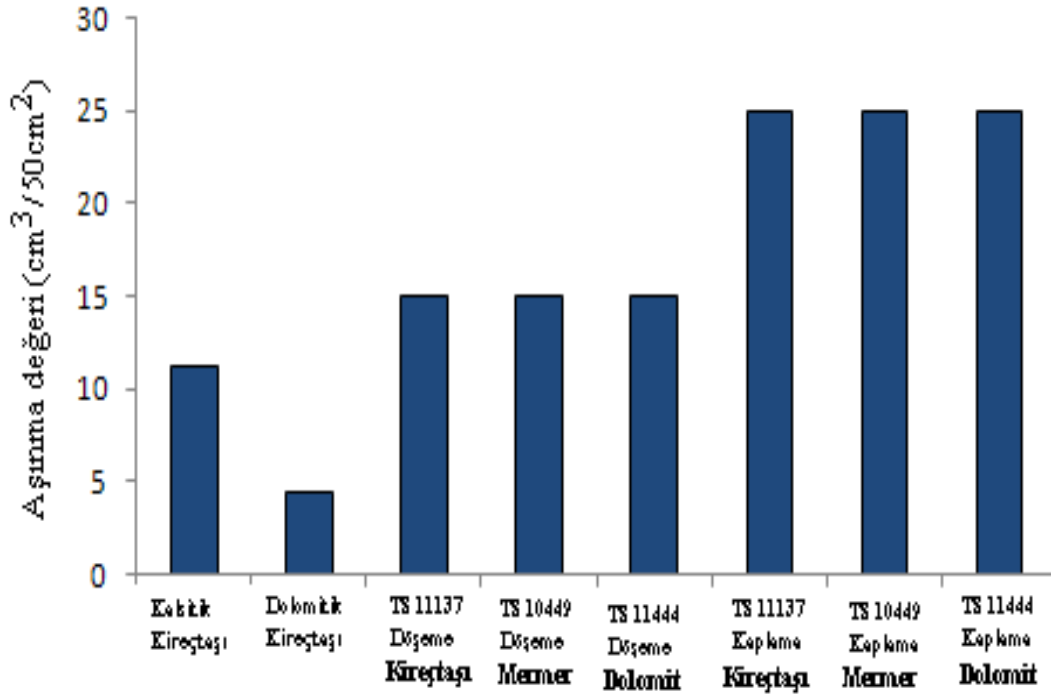
Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının görünür hacimce ve ağırlıkça sürtünme kayıplarının yüzde değerleri Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21 Dolomitik ve kalsitik kireçtaşlarının hacim ve ağırlıkça sürtünme kayıpları.

Numune cinsi	Numune numarası	Görünür hacimdeki sürtünme kaybı (%)	Ort. Görünür hacimce sürtünme kaybı (%)	Ağırlıkça sürtünme kaybı (%)	Ort. Ağırlıkça sürtünme kaybı (%)
Kalsitik	1	6,358	5,51	5,449	5,394
	2	5,419		5,549	
	3	4,882		4,941	
	4	5,517		5,631	
	5	5,378		5,403	
Dolomitik	1	2,186	1,936	2,258	1,829
	2	1,324		1,755	
	3	2,351		2,437	
	4	1,997		2,042	
	5	1,826		1,657	

Kalsitik kireçtaşlarının görünür hacimlerinde %4,882–6,358 oranında, ağırlıklarında %4,941–5,631 oranında sürtünme kaybı gerçekleşmektedir. Dolomitik kireçtaşlarının ise görünür hacimlerinde %1,324-2,351 oranında, ağırlıklarında %1,657–2,437 oranında sürtünme kaybı gerçekleşmiştir.

Kalsitik ve Dolomitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma kaybı değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması Şekil 4.9’da grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 4.9 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sürtünme ile aşınma değerleri ile standartlara göre maksimum değerlerin karşılaştırması.

4.4.2 Schmidt Darbe Çekici ile Yüzey Sertlik Tayini

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının schmidt sertlikleri Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının Schmidt sertlikleri.

Malzeme Cinsi	Yüzey Schmidt sertlikleri						Ortalama Schmidt
	1	2	3	4	5	6	
Kalsitik	40	41	42	41	41	40	39,33
	43	41	27	39	39	38	
Dolomitik	52	53	52	40	51	49	49,41
	52	49	49	48	49	49	

Yapılan Schmidt sertlik deneyi sonucunda kalsitik kireçtaşlarının yüzey sertlikleri 27–43 arasında, dolomitik kireçtaşlarının yüzey sertlikleri 40–53 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.23'deki Schmidt sertlik sınıflamasına göre kalsitik kireçtaşları sert, dolomitik kireçtaşları çok sert kaya sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4.23 Kayaçların Schmidt Sertlik Değerlerine Göre Sınıflandırılması (Brown, 1981).

Kaya Sınıfı	Schmidt Çekici Sertlik Değeri
Fevkalade Yumuşak Kaya	16-20
Çok Yumuşak Kaya	20-24
Yumuşak Kaya	24-30
Sert Kaya	30-45
Çok Sert Kaya	45-60
Fevkalade Sert Kaya	≥ 60

Bu sonuç Çizelge 4.24'deki mohs sertlik skalasında sertliği 4 (az sert) olan dolomitte sertliği 3 (yumuşak) olan kalsitin sertlik farklarını desteklemektedir.

Çizelge 4.24 Mohs Sertlik Sınıflaması (Demirbilek, vd., 2006).

Mohs Sertlik Sırası	Tasvir Terimi
1	Yumuşak
2-3	Az Yumuşak
4-5	Az Sert
6-7	Sert
8-9	Oldukça Sert
10	Sert

4.4.3 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tayini

Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri Çizelge 4.25'de, dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri ise Çizelge 4.26'da verilmiştir. Çizelgeye baktığımızda kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değeri dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı değerinden düşüktür. Bunun başlıca sebebi kayaç yapısında bulunan gözenek oranı ve kayacın sertliğidir. Kayaç

sertleştikçe darbe dayanımı azalırken basınç dayanımı artmaktadır. Boşluk oranı arttıkça boşluk etrafında bulunan yüzeyde boşluğa binmesi gereken yükün yüzeyde gerileme sebebiyet vermesinden ve bu gerilimin boşluk etrafında çatlama, çatlamalarında birleşerek kayaçta bölünmelere sebep vermesinden dolayı tek eksenli basınç dayanımı azalmaktadır. Dolomitik kireç taşlarının Schmidt sertliği kalsitik kireçtaşlarının Schmidt sertliğinden daha yüksektir. Ayrıca dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı kalsitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranından daha düşüktür. Sertliği yüksek ve gözenekleri az olan dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değeri kalsitik kireçtaşlarına göre daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.25 Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri.

Numune no	Numune yüzey alanı (mm ²)	Kırılma yükü (N)	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Ort. tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	TS 11137 Kireçtaşı (MPa) (max.)	TS 10449 Mermer (MPa) (max.)
1	4878,82	326000	66,81	61,53	Döşeme=49 Kaplama=29,4	Döşeme=49 Kaplama=29,4
2	4815,15	323900	67,26			
3	4824,78	298000	61,76			
4	4879,98	255800	52,41			
5	4876,15	252300	51,74			
6	4898,25	318000	64,92			
7	4814,12	326000	67,71			
8	4898,14	278000	56,75			
9	4798,15	298000	62,10			
10	4887,18	312000	63,84			

Çizelge 4.26 Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri.

Numune no	Numune yüzey alanı (mm ²)	Kırılma yükü (N)	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Ort. tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	TS 11444 Dolomit (MPa) (max.)
1	4857,14	383800	79,01	70,03	Döşeme=49 Kaplama=29,4
2	4834,25	360300	74,53		
3	4814,36	325900	67,69		
4	4832,58	323600	66,96		
5	4858,15	352200	72,49		
6	4878,48	298400	61,16		
7	4825,98	378500	78,42		
8	4847,59	368000	75,91		
9	4797,49	314000	65,45		
10	4896,25	287500	58,71		

TS 11137 ve TS 10449’a göre kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanım değerleri kaplama için minimum 29,4 MPa, döşeme için minimum 49 MPa olmalıdır. Çizelge 4.25’e göre kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanımları 51,74 MPa ile 67,71 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuca göre kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanımı değeri TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü döşeme ve kaplama için minimum değerlerinin üzerinde dir. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449’a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir. Ayrıca kalsitik kireçtaşları ortalama 61,53 MPa tek eksenli basma dayanımı değeri ile Çizelge 4.27’de verilen kaya sınıflamasına göre “Orta Dirençli” kaya sınıfında yer almaktadır.

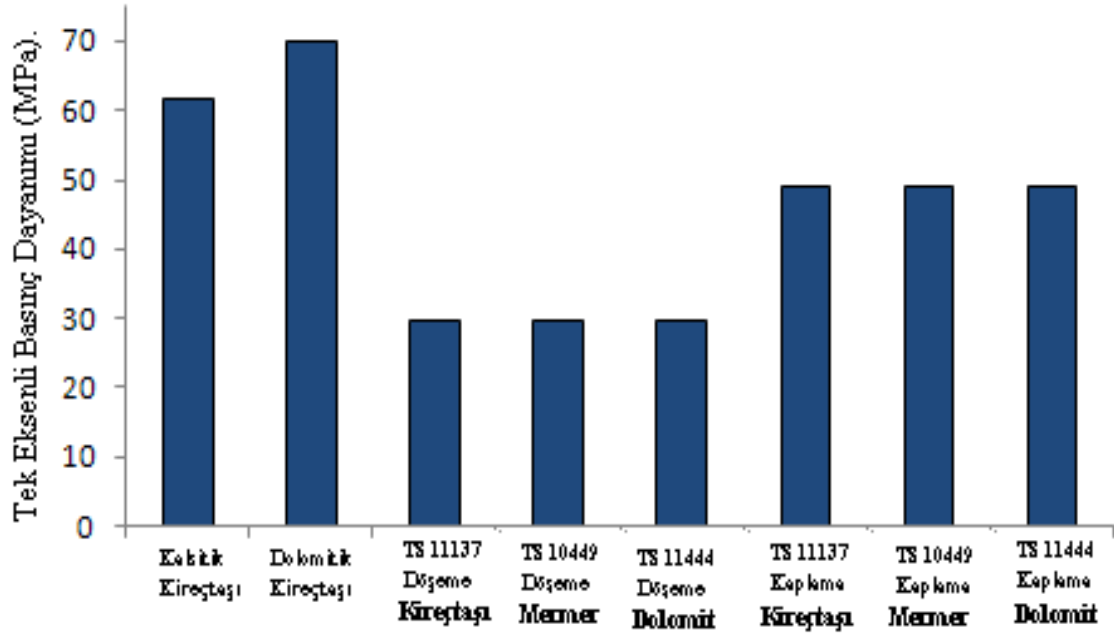
TS 11444’e göre dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanım değerleri kaplama için minimum 29,4 MPa, döşeme için minimum 49 MPa olmalıdır. Çizelge 4.26’ya göre dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanımları 58,71 MPa ile 79,01 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanım değeri TS 11444 standardının öngördüğü döşeme ve kaplama için minimum değerin üzerinde kalmaktadır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444’e göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir. Ayrıca dolomitik kireçtaşları ortalama

70,03 MPa tek eksenli basma dayanım değeri ile Çizelge 4.27’de verilen kaya sınıflamasına göre “Orta Dirençli” kaya sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 4.27 Tek eksenli basınç dayanımı değerlerine göre kaya sınıflaması (Deere, 1964).

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)
Çok Düşük Dirençli	≤ 25
Düşük Dirençli	25-50
Orta Dirençli	50-100
Yüksek Dirençli	100-200
Çok Yüksek Dirençli	≥ 200

Kalsitik ve Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması Şekil 4.10’da grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.10 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile standarttaki minimum değerlerin karşılaştırılması.

4.4.4 Sabit Moment Altında Eğilme Dayanım Tayini

Kalsitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımı Çizelge 4.28’de, dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımı değerleri ise Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.28 Kalsitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanım değerleri.

Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	2794,89	179,5	50,1	29,4	11,58	11,51
2	2765,47	180,6	51,1	30,4	10,57	
3	2785,36	178,9	49,7	29,6	11,44	
4	2892,56	181,1	50,9	28,9	12,32	
5	2441,25	179,5	49,7	29,4	10,2	
6	2985,24	180,9	50,4	30,5	11,51	
7	3012,81	181,6	51,3	30,4	11,54	
8	2987,65	180,1	50,7	30,9	11,11	
9	3142,58	179,7	49,7	30,1	12,54	
10	2985,35	180,8	49,5	29,7	12,36	

Çizelge 4.29 Dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanım değerleri.

Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	2385,32	180,2	50,4	30,7	9,04	8,38
2	2126,38	181,1	51,7	31,2	7,65	
3	2569,57	179,5	50,7	28,7	11,04	
4	1845,15	178,5	51,2	29,2	7,54	
5	1854,29	180,3	49,7	30,5	7,22	
6	2269,47	181,7	51,8	31,2	8,17	
7	1754,29	179,2	50,7	29,5	7,12	
8	2187,49	180,8	49,5	31,4	8,10	
9	2769,58	178,5	48,9	29,5	11,61	
10	1685,14	181,3	51,3	30,5	6,4	

TS 11137'ye göre kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 2.94 MPa, TS 10449'a göre mermerlerin eğilme dayanımları minimum 5.99 MPa olmalıdır. Çizelge 4.28'e göre kalsitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanım miktarları 10,2 MPa ile 12,54 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre kalsitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanım değerleri TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü minimum değer üzerinde kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 4.30 Kalsitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması.

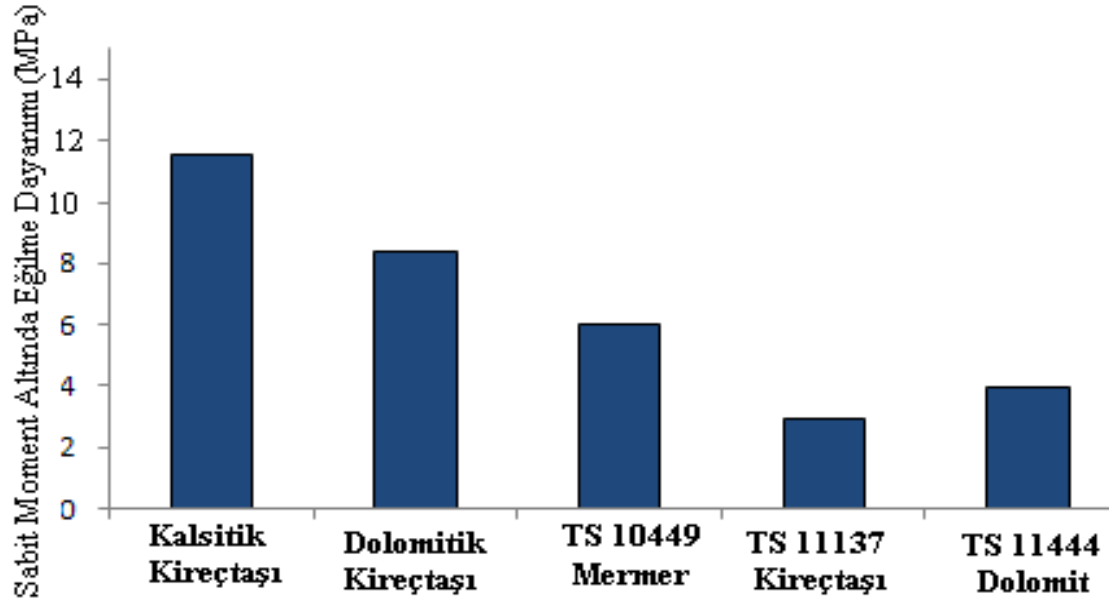
	Sabit moment altında eğilme dayanımı (MPa)
Kalsitik kireçtaşları	11,51
TS 11137 Kireçtaşı	2,94 (min.)
TS 10449 Mermer	5,99 (min.)

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 3,92 MPa olmalıdır. Çizelge 4.29'a göre dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımları 6,4 MPa ile 11,61 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanım değerleri TS 11444 standardının öngördüğü değerin üzerinde kalmaktadır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444'e göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31 Dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması.

	Sabit moment altında eğilme dayanımı (MPa)
Dolomitik kireçtaşları	8,38
TS 11444 Dolomit	3,92 (min.)

Şekil 4.11'de kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımı değerleri ile standartlara göre sınır değerler grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.11 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sabit moment altında eğilme dayanımları ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması.

4.4.5 Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanım Tayini

Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımı Çizelge 4.32’de, dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri ise Çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.32 Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları.

Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Destekler arasındaki mesafe (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	2137,84	180,4	50,12	30,1	150,5	10,62	7,98
2	2058,45	179,5	51,32	31,2	156	9,64	
3	1854,87	178,2	49,25	29,4	147	9,6	
4	1598,45	181,2	48,97	31,5	157,5	7,77	
5	1654,14	181,1	49,21	30,8	154	8,18	
6	1436,48	180,2	51,2	29,7	148,5	7,08	
7	1074,52	179,5	51,3	28,9	144,5	5,11	
8	1654,98	179,2	50,14	28,4	142	8,71	
9	1052,14	180,3	49,52	29,6	148	5,38	
10	1548,21	181,5	48,5	30,7	153,5	7,79	

Poisson elastik katıların şekil değişimindeki rolü olarak tanımlanmaktadır. Kalsitin Poisson oranı 0,309, dolomitin Poisson oranı 0,251dir (Geçek, 2004). Poisson oranı yükseldikçe katıların şekil değiştirmeye eğilimi artmaktadır. Eğilme dayanımı şekil değiştirme ile etkili olan bir durumdur. Şekil değiştirmeye eğilimi yüksek olan malzemelerin eğilme dayanımları da yüksek olmaktadır. Yani Poisson oranı yüksek olan kalsitin şekil değiştirmeye eğilimi yüksektir. Bu sebeple yük altında dolomitik kireçtaşı şekil değiştirmeye eğilimi az olduğu için kırılmıştır. Kalsitik kireçtaşı ise şekil değiştirmeye eğiliminde dolayı kırılmamış ve daha fazla yüke dayanmıştır. Böylece kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları dolomitik kireçtaşlarına göre daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.33 Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları.

Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Destekler arasındaki mesafe (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	1328,54	179,5	48,9	30	150	6,79	5,85
2	1289,36	181,2	49,1	29,4	147	6,63	
3	1487,24	181,7	50,1	31,1	155,5	7,15	
4	894,15	179,4	48,7	31,2	156	4,41	
5	1258,95	178,9	51,1	30,4	152	6,07	
6	1168,14	180,7	50,9	28,8	144	5,97	
7	632,84	179,1	51,3	29,8	149	3,1	
8	958,41	181,4	49,7	31,7	158,5	4,56	
9	1254,19	180,9	48,5	29,7	148,5	6,53	
10	1425,78	179,5	50,2	29,2	146	7,29	

TS 11137'ye göre kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 2,94 MPa, TS 10449'a göre mermerlerin eğilme dayanımları minimum 5,99 MPa olmalıdır. Çizelge 4.32'ye göre kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanım miktarları 5,11 MPa ile 10,62 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanım değerleri TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü minimum değer üzerinde kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449'a göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 4.34 Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması.

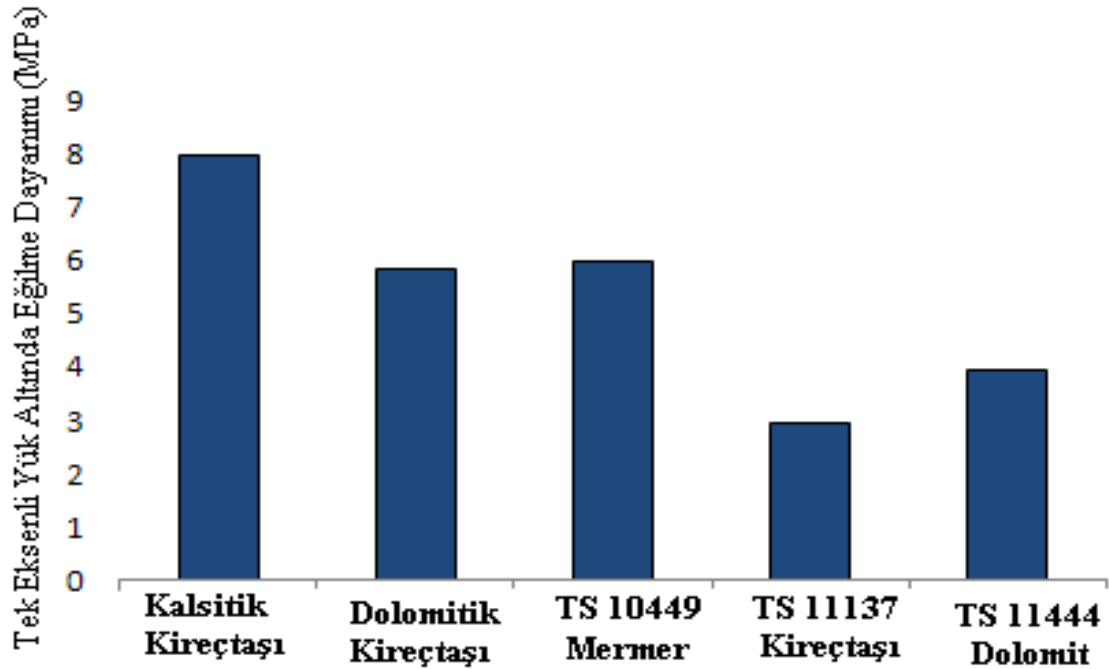
	Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı (MPa)
Kalsitik kireçtaşları	7,98 (ort.)
TS 11137 Kireçtaşı	2,94 (min.)
TS 10449 Mermer	5,99 (min.)

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 3,92 MPa olmalıdır. Çizelge 4.33'e göre dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları 3,1 MPa ile 7,29 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanım değerleri TS 11444 standardının öngördüğü minimum değer üzerinde kalmaktadır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444'e göre yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

Çizelge 4.35 Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri ile standarda göre istenen değerlerin karşılaştırılması.

	Tek eksenli yük altında eğilme dayanımı (MPa)
Dolomitik kireçtaşları	5,85 (ort.)
TS 11444 Dolomit	3,92 (min.)

Şekil 4.12'de kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri ile standartlara göre sınır değerler grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.12 Kalsitik ve Dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli yük altında eğilme dayanımları ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması.

4.4.6 Don Sonrası Tek Eksenli Basınç Dayanım Tayini

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına ait don sonrası tek eksenli basınç dayanımı sonuçları Çizelge 4.36 ve 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.36 Kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanım değerleri.

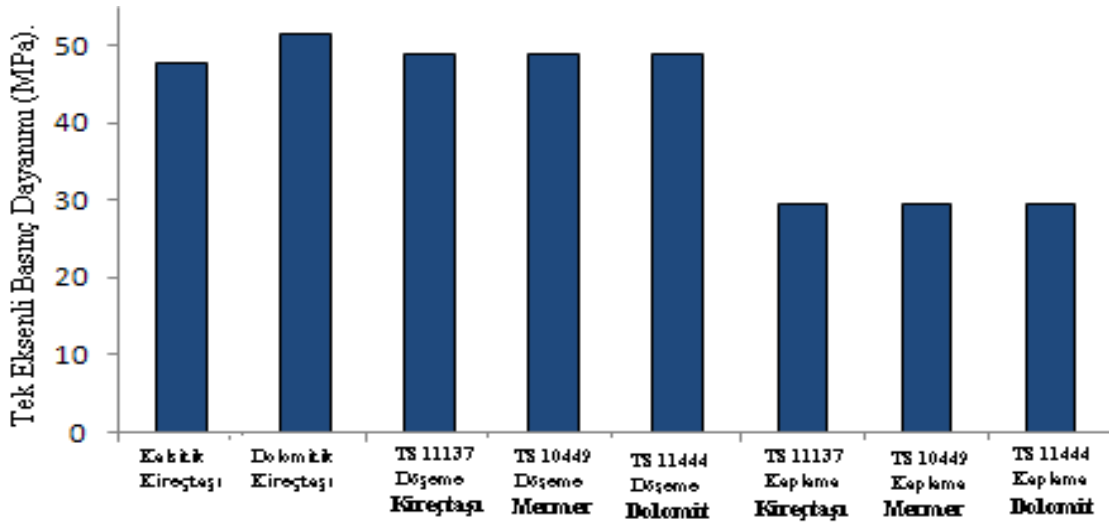
Numune no	Numune yüzey alanı (mm ²)	Kırılma yükü (N)	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Ort. tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
1	4921,45	226400	46	47,86
2	4715,41	254500	53,97	
3	4614,85	262600	56,9	
4	4754,14	150300	31,61	
5	4829,89	275800	57,1	
6	4745,14	267000	56,26	
7	4814,59	258000	53,58	
8	4912,54	193700	39,42	
9	4874,52	186200	38,19	
10	4784,46	218300	45,62	

Çizelge 4.37 Dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanım değerleri.

Numune no	Numune yüzey alanı (mm ²)	Kırılma yükü (N)	Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	Ort. tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
1	4787,32	267600	55,89	51,48
2	4754,16	193000	40,59	
3	4698,21	243000	51,72	
4	4936,14	203900	41,3	
5	4879,14	293400	60,13	
6	4698,17	281000	59,81	
7	4861,82	234000	48,13	
8	4911,56	282000	57,41	
9	4756,17	241800	50,83	
10	4692,44	230000	49,01	

TS 11137 ve TS 10449'a göre kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanım değerleri kaplama için minimum 29,4 MPa, döşeme için minimum 49 MPa olmalıdır. Çizelge 4.36'ya göre kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basma dayanımları 31,61 MPa ile 56,9 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuca göre kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basma dayanımı değeri TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü döşeme için minimum değerlerin altında, kaplama için minimum değerlerin üzerinde kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449'a göre 36 döngülük donma çözünme sonrasında kaplama için uygun, döşeme için uygun özellikte değildir.

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanım değerleri kaplama için minimum 29,4 MPa, döşeme için minimum 49 MPa olmalıdır. Çizelge 4.37'ye göre dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basma dayanımları 40,59 MPa ile 60,13 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basma dayanım değeri TS 11444 standardının öngördüğü döşeme ve kaplama için minimum değerlerin üzerinde kalmaktadır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444'e göre 36 döngülük donma çözünme sonrasında yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir. Şekil 4.13'de kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile standartlara göre sınır değerler grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.13 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması.

Kalsitik kireçtaşlarının don öncesi tek eksenli basınç dayanımı ortalaması 61,53 MPa iken don sonrasında 47,86 MPa değerine düşmüştür. Dolomitik kireçtaşlarının ise don öncesinde tek eksenli basınç dayanım değeri 70,03 MPa iken don sonrasında 51,48 MPa değerine düşmüştür. Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don öncesinde ve don sonrası tek eksenli basınç dayanımlarını karşılaştırdığımızda dolomitik kireçtaşlarının don sonrasında tek eksenli basınç dayanımında %26,48, kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli basınç dayanımlarında %22,21 azalma görülmektedir. Bu durumun sebebi dolomitik kireçtaşlarının açık gözenek oranının dolayısıyla su emme miktarının kalsitik kireçtaşlarına göre daha fazla olmasıdır.

4.4.7 Don Sonrası Sabit Moment Altında Eğilme Dayanımı Tayini

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına ait don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımı sonuçları Çizelge 4.38 ve 4.39’da verilmiştir.

Çizelge 4.38 Kalsitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımları.

Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	1461,19	181,4	50,2	30,2	5,78	6,45
2	1495,14	180,1	51,4	31,4	5,31	
3	1517,28	178,1	48,9	31,5	5,56	
4	1398,21	181,9	49,1	29,4	5,99	
5	1614,85	179,4	48,2	28,4	7,45	
6	1427,69	181,7	51,5	29,3	5,86	
7	1748,19	179,5	51,6	31,5	6,12	
8	1795,14	181,2	49,1	30,6	7,07	
9	1824,83	180,9	49,7	29,4	7,68	
10	1756,14	180,4	49,8	28,6	7,77	

Çizelge 4.39 Dolomitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımları.

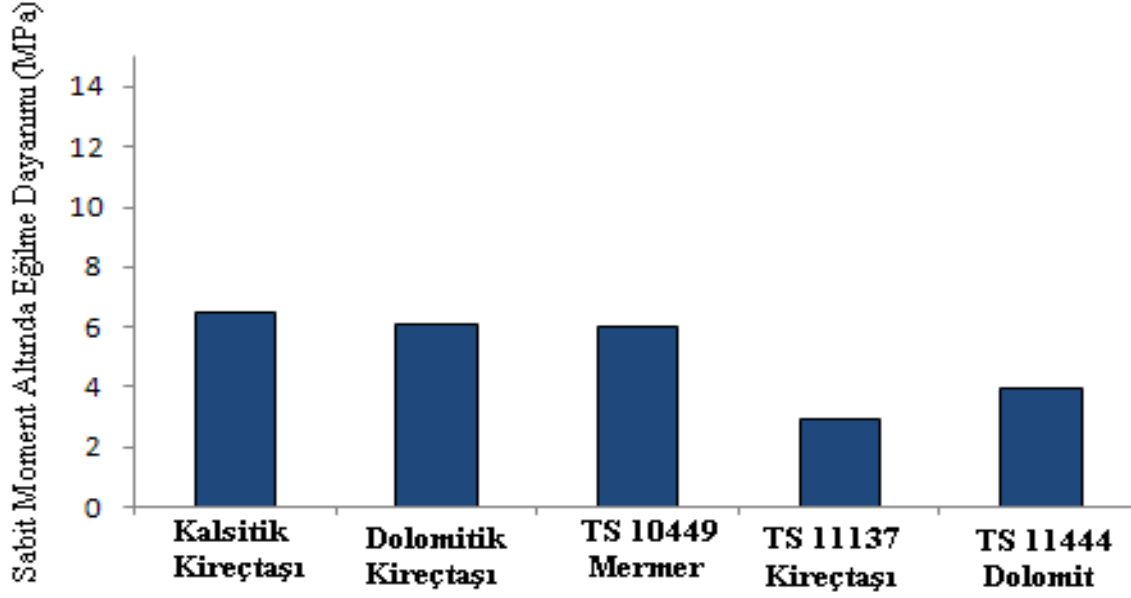
Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	1361,54	180,1	51,4	30,2	5,23	6,08
2	1236,14	181,6	50,5	29,5	5,1	
3	1414,85	179,4	49,4	31,2	5,27	
4	1731,59	180,4	51,3	29,3	7,09	
5	1512,48	178,9	51,5	28,4	6,51	
6	1745,69	179,2	49,5	31,2	6,49	
7	1778,69	180,1	48,6	30,7	6,99	
8	1445,18	181,5	51,4	29,4	5,9	
9	1658,41	179,4	50,1	30,1	6,55	
10	1348,52	181,8	49,6	29,4	5,71	

TS 11137'ye göre kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 2,94 MPa, TS 10449'a göre mermerlerin eğilme dayanımları minimum 5,99 MPa olmalıdır. Çizelge 4.38'e göre kalsitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanım miktarları 5,31 MPa ile 7,77 MPa arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre kalsitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanım değerleri TS 11137 ve TS 10449 standartlarının öngördüğü değerin üzerinde kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137 ve TS 10449'a göre 36 döngülük donma çözünme sonrasında yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 3,92 MPa olmalıdır. Çizelge 4.39'a göre dolomitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımları 5,1 MPa ile 6,99 MPa arasında değişmektedir. Bu değerin yüksek çıkmasının başlıca sebebi dolomitik kireçtaşlarının gözeneklilik oranının az olmasından kaynaklanmaktadır. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanım değerleri TS 11444 standardının öngördüğü değerin üzerinde kalmaktadır. Bu durumda dolomitik kireçtaşları TS 11444'e göre 36

döngülük donma çözünme sonrasında yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

Şekil 4.14’de kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımı değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 4.14 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası sabit moment altında eğilme dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması.

4.4.8 Don Sonrası Tek Eksenli Yük Altında Eğilme Dayanımı Tayini

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına ait don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı sonuçları Çizelge 4.40 ve 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.40 Kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri.

Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Destekler arasındaki mesafe (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	1425,36	180,1	50,3	29,4	147	7,22	5,28
2	1085,9	179,5	51,4	28,7	143,5	5,52	
3	1325,47	179,4	52	29,6	148	6,45	
4	1078,21	181,2	50,1	30,4	152	5,3	
5	1125,17	180,6	51,8	31,7	158,5	5,13	
6	1248,69	181,4	49,5	28,7	143,4	6,58	
7	432,51	179,5	48,5	31,5	157,5	2,12	
8	1248,74	178,9	51,7	30,8	154	5,88	
9	614,85	179,4	50,9	28,2	141	3,21	
10	1141,39	180,4	49,7	31,8	159	5,41	

Kayaçların donma çözülme değerlerini etkileyen en önemli parametre, açık gözenek ve su emme oranıdır. Kayaç bünyesine suyu aldıktan sonra donma ile gözenekleri içerisindeki su buz haline geçerken hacmi artar. Böylece boşluğu çatlatmaya zorlar. Açık gözeneği fazla olan kayaç daha fazla su emecek dolayısıyla boşluklarında daha fazla zorlanma olacaktır. Boşlukları zorlanan ve hasar gören kayacın yapısında kılcal çatlaklar meydana gelecektir. Kayaç yüzeyine yük geldiğinde kayacın mukavemeti en düşük bölgesi olan kılcal çatlaklardan ayrılarak yükü taşıyamayacak dolayısı ile yüke dayanımı az olacaktır. Kalsitik kireçtaşlarının açık gözenek oranı (%0,5416) dolomitik kireçtaşlarının açık gözenek oranından (0,7855) daha düşüktür. Bu sebeple kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanım değeri dolomitik kireçtaşlarına göre daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 4.41 Dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı değerleri.

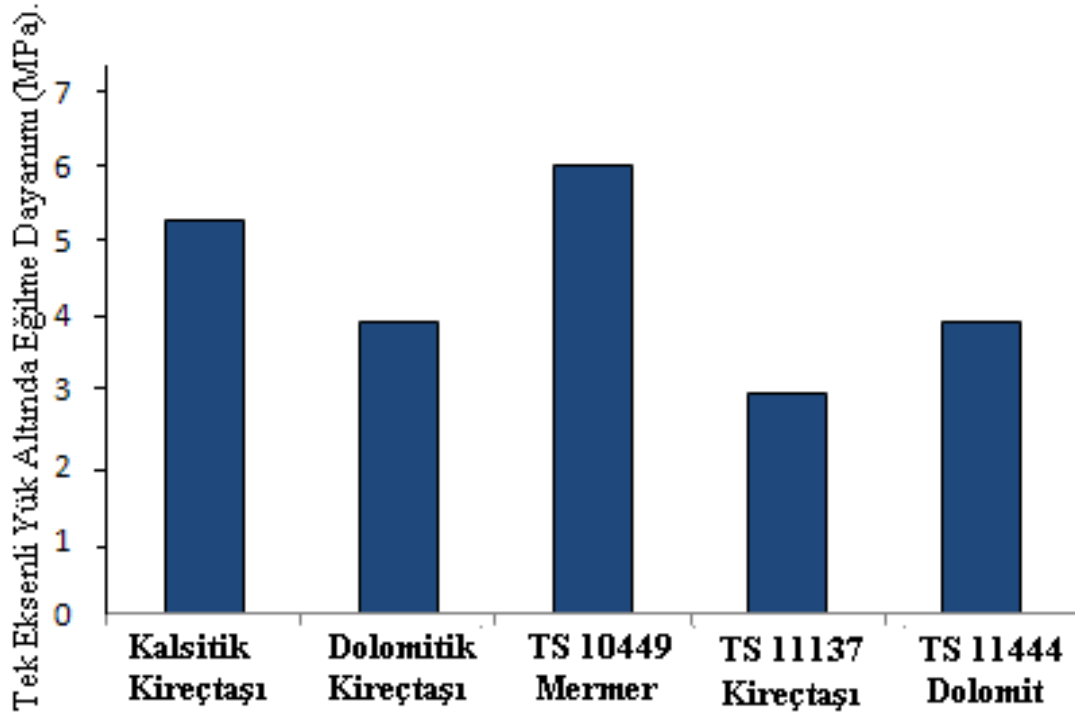
Numune no	Kırılma yükü (N)	Numune boyu (mm)	Numune genişliği (mm)	Numune kalınlığı (mm)	Destekler arasındaki mesafe (mm)	Eğilme dayanımı (MPa)	Ort. Eğilme dayanımı (MPa)
1	1054,32	179,5	48,9	30,5	152,5	5,3	3,91
2	531,52	180,4	50,1	31,4	157	2,53	
3	598,14	181,7	51,6	29,7	148,5	3,17	
4	982,41	180,9	51,8	28,5	142,5	4,99	
5	685,14	179,4	48,7	30,4	152	3,47	
6	335,41	180,7	50,1	31,8	159	1,57	
7	896,14	181,4	48,1	30,9	154,5	4,52	
8	982,74	178,2	51,9	31,7	158,5	4,47	
9	863,1	180,9	50,4	29,8	149	4,3	
10	951,48	178,6	51,5	28,6	143	4,84	

TS 11137'ye göre kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 2,94 MPa, TS 10449'a göre mermerlerin eğilme dayanımları minimum 5,99 MPa olmalıdır. Çizelge 4.40'a göre kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanım miktarları 2,12 MPa ile 7,22 MPa arasında değişmektedir. Ortalama 5,28 MPa olan kalsitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı TS 11137 standardının öngördüğü minimum değer üzerinde, TS 10449 standartlarının öngördüğü minimum değer altında kalmaktadır. Bu durumda kalsitik kireçtaşları TS 11137'ye göre 36 döngülük donma çözünme sonrasında yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir, TS 10449'a göre kullanılamaz özelliktedir.

TS 11444'e göre dolomitik kireçtaşlarının eğilme dayanımları minimum 3,92 MPa olmalıdır. Çizelge 4.41'e baktığımızda dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımları 1,57 MPa ile 4,99 MPa arasında değişmektedir. Ortalama 3,91 MPa olan dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı TS 11444 standardının öngördüğü minimum değer altında kalmaktadır. Fakat yapılan analizlerde don sonrası tek eksenli yük altında eğilme

dayanım değerleri 5,3 MPa gibi yüksek çıkan değerlerde elde edilmiştir. Bu yüksek değerlerin elde edilmesi ve ortalama değerin TS 11444 standardına oldukça yakın olmasından dolayı dolomitik kireçtaşları TS 1144'e göre 36 döngülük donma çözünme sonrasında yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabilir özelliktedir.

şekil 4.15'de kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması grafiksel olarak verilmiştir.



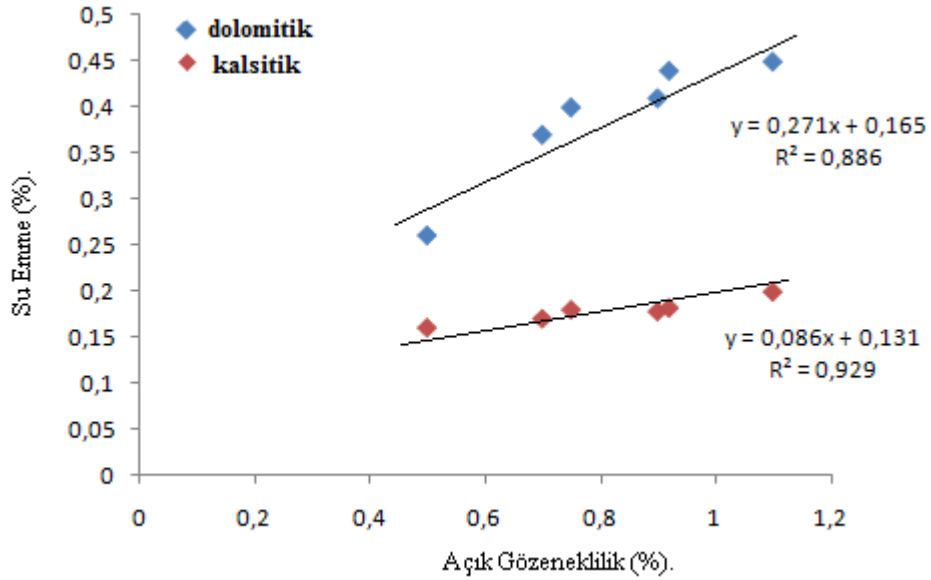
şekil 4.15 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanım değerleri ile standartlara göre sınır değerlerin karşılaştırılması.

4.5 Fiziksel ve Mekanik Testlerin Korelasyon Analizi

Laboratuvar deneyleri sonucunda kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik deney sonuçlarının birbirleri ile ilişkilerini tespit etmek amacıyla korelasyon analizleri yapılmıştır.

Korelasyon, iki veya daha fazla sayıdaki değişkenin arasındaki ilişkiyi gösterir. Korelasyon katsayısının önündeki (+) işaret iki değişkenin doğru orantılı olduğunu, (-) işaret ise değişkenler arasında ters orantının varlığını temsil eder. İstatistiksel analizlerde yapılacak bir tahminin doğruluk derecesinin belirlenmesine güven düzeyi denir. Yüksek doğruluk derecesi yüksek güven düzenini belirtir. Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına yapılan korelasyon analizlerinde genelde %75 ile %95 arasında yüksek bir güven düzeyi yakalanmıştır.

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının atmosfer basıncı altında su emme miktarı ile açık gözeneklilik arasındaki ilişki Şekil 4.16'daki grafikte verilmektedir. Grafikte görüldüğü gibi kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının su emme miktarları ile açık gözeneklilik değerleri birbirleriyle doğru orantılıdır. Kalsitik kireçtaşlarının R^2 değeri 0,929, dolomitik kireçtaşlarının R^2 değeri ise 0,886 gibi yüksek bir korelasyon katsayısıdır.

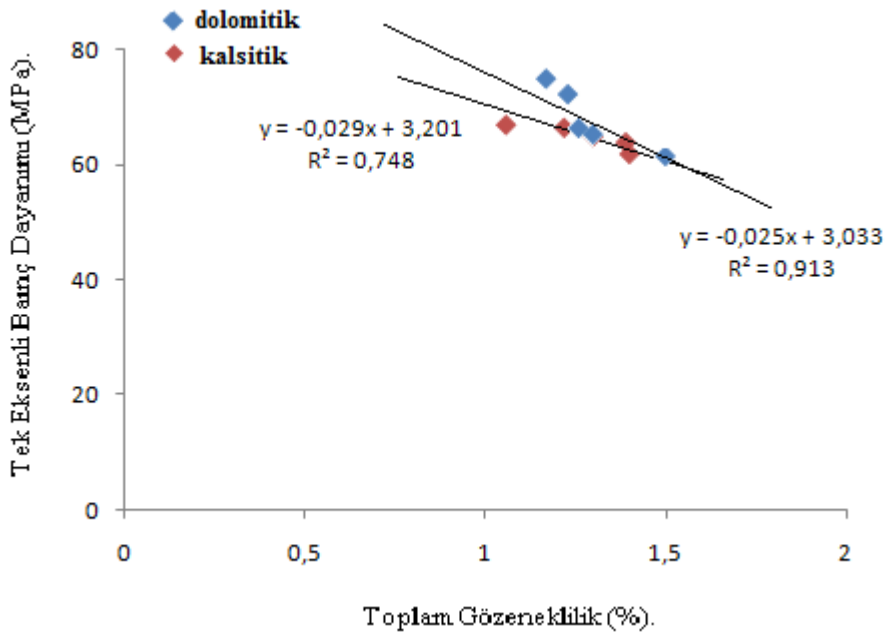


Şekil 4.16 Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının su emme ve açık gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması.

Kayaç yapısında açık gözenek arttıkça bu gözenek içine giren su miktarı da artarak kayacın su emme oranını arttırmaktadır. Kalsitik kireçtaşlarının ortalama açık gözeneklilik oranı %0,5416, ortalama su emme oranı da %0,1785 'dir. Dolomitik kireçtaşlarının ortalama açık gözeneklilik oranı %0,7855, ortalama su emme oranı da

%0,3783'tür. Şekil 4.16'ya göre açık gözeneklilik arttıkça su emme miktarı da artmaktadır. Bu durum gözenek içerisine giren su miktarından ileri gelmektedir.

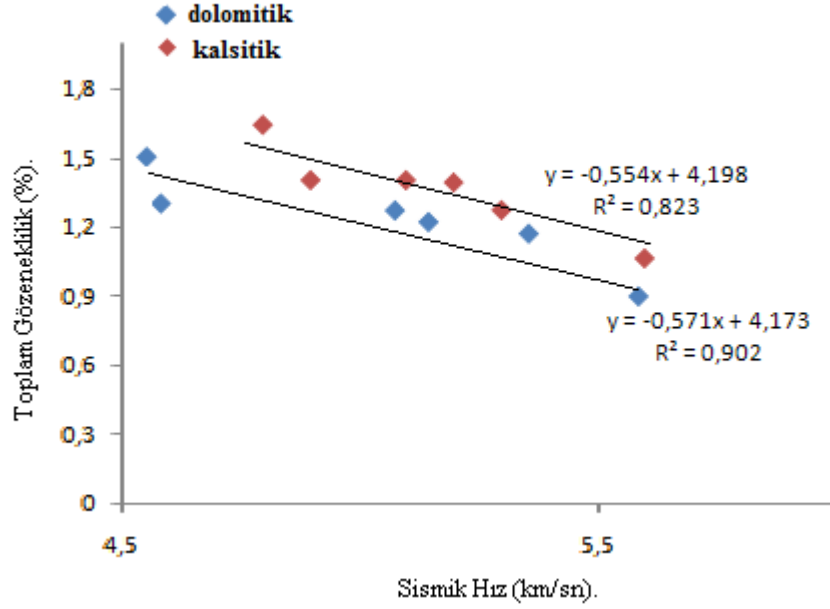
Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı ile toplam gözeneklilik arasındaki ilişki Şekil 4.17'de verilmiştir. Görüldüğü gibi kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanım değerleri ile toplam gözeneklilik değerleri birbirleriyle ters orantılıdır. Kalsitik kireçtaşlarının R^2 değeri 0,748, dolomitik kireçtaşlarının R^2 değeri ise 0,913'tür.



Şekil 4.17 Kalsitik kireçtaşlarının tek eksenli basınç dayanımı ve toplam gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması.

Toplam gözeneklilik arttıkça tek eksenli basınç dayanımı azalmaktadır. Bu durumun sebebi kayaç içerisinde boşluk arttıkça yükü taşıyan hacimde azalma ve boşluk çevresinde oluşan gerilmelerden dolayı boşluk etrafında çatlamlar meydana gelmesindendir. Boşluk miktarı arttıkça bu çatlamlar artarak kayacın yüke dayanımını azaltmaktadır. Kalsitik kireçtaşlarının ortalama gözenek oranı %1,36, ortalama tek eksenli basınç dayanımı 61,53 MPa, dolomitik kireçtaşlarının ortalama gözenek oranı %1,26, ortalama tek eksenli basınç dayanımı 70,03.MPa dır.

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının sismik hız ile toplam gözeneklilik arasındaki ilişkileri Şekil 4.18’de verilmiştir. Görüldüğü gibi kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının toplam gözeneklilik oranı ile ses geçiş hızları birbirleriyle ters orantılıdır. Kalsitik kireçtaşlarının R^2 değeri 0,823, dolomitik kireçtaşlarının R^2 değeri ise 0,902’dir.



Şekil 4.18 Kalsitik kireçtaşlarının sismik hız ve toplam gözeneklilik değerlerinin karşılaştırılması.

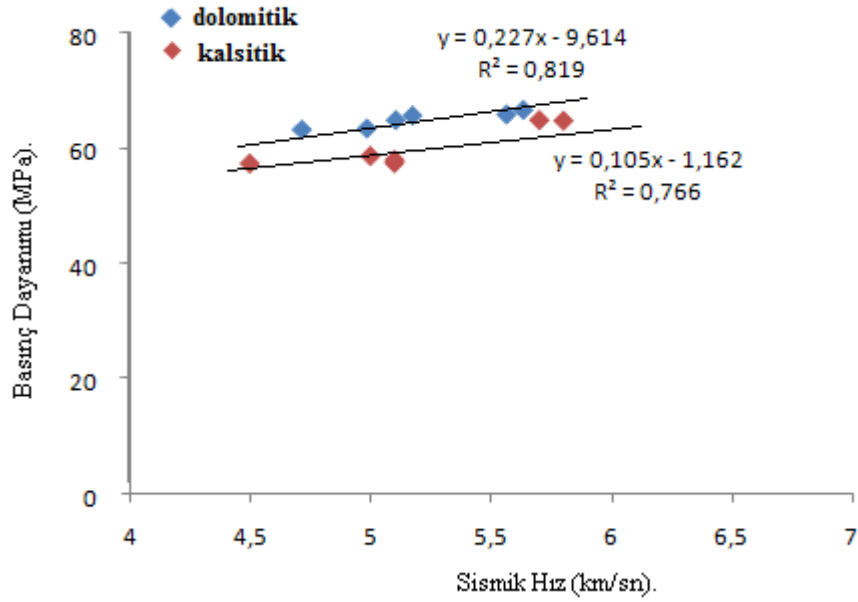
Şekil 4.18’e göre gözenek miktarı arttıkça sismik hızda azalma meydana gelmektedir. Yani boşluk azaldıkça sismik dalga daha hızlı hareket etmektedir. Bu durum sismik dalgaların boşlukta yavaş hareket etmesinden kaynaklanmaktadır. Boşluk azaldıkça sismik dalgaların çarparak ilerleyeceği madde ortamı artarak sismik dalgaların ilerlemesi kolaylaşır. Kalsitik kireçtaşlarının ortalama gözeneklilik oranı %1,363, ortalama sismik hız değeri 5,14 km/sn, dolomitik kireçtaşlarının ortalama gözenek oranı %1,266 sismik hız değeri 5,13 km/sn’dir.

Sismik hız deneyi yapılan kalsitik ve dolomitik kireçtaşı numunelerinin basınç dayanımları da ölçülerek sonuçlar Çizelge 4.42’de verilmiştir. Sismik hız ile basınç dayanımı arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 4.19’daki grafikte basınç dayanımı ile ses

geçiş hızı birbirleriyle doğru orantılıdır. Kalsitik kireçtaşlarının R^2 değeri 0,766, dolomitik kireçtaşlarının R^2 değeri 0,819'dur.

Çizelge 4.42 Ultrases analizi yapılan kalsitik ve dolomitik kireçtaşı numunelerinin basınç dayanım değerleri.

	Numuneler											
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Sismik Hız (km/sn.)	5,57	4,56	5,77	5,07	5,13	5,12	5,6	4,7	5,56	4,97	5,16	4,92
Basınç Dayanımı (MPa)	64,8	57,5	64,7	58,7	58,11	57,6	66,7	63,1	65,9	63,5	65,8	64,9



Şekil 4.19 Kalsitik kireçtaşlarının sismik hız ve basınç dayanımı değerlerinin karşılaştırılması.

Kalsitik kireçtaşlarının ortalama tek eksenli basınç dayanımı 60,27 MPa, ortalama sismik hızı 5,14 km/sn, dolomitik kireçtaşlarının ortalama basınç dayanımı 65,02 MPa, ortalama sismik hızı 5,13 km/sn olarak bulunmuştur. Şekil 4.19'a göre basınç dayanımı arttıkça sismik hızda artmaktadır. Bu durum basınç dayanımı yüksek olan kayaçların gözeneklilik oranlarının düşük olması, bu sayede gözenekliliği düşük kayaçlarda sismik dalgaların daha hızlı ilerlemesinden kaynaklanmaktadır.

4.6 Kalsitik Kireçtaşlarında Kireç Kalitesinin Belirlenmesi

4.6.1 Aktif Kireç Tayini

Aktif kireç tayini sönmüş ve sönmemiş kireç numunelerine uygulanmıştır. Deney sonucu sağlıklı olabilmesi için üçer kere yapılmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.43'de verilmiştir.

Çizelge 4.43 Sönmüş ve sönmemiş kireçlere uygulanan aktiflik deney sonuçları.

Numune Cinsi	Deneyler			Ortalama değer	TS EN 459 - 1
	1	2	3		
Sönmüş	91,45	91,85	92,14	91,81	CL 90
Sönmemiş	92,87	92,69	93,32	92,96	CL 90

Aktiflik, sönmemiş kireçlerde CaO 'ın, sönmüş kireçlerde Ca(OH)_2 'in reaksiyona girme kabiliyeti olarak bilinmektedir. Aktiflik deneyi sırasında kirecin yapısında bulunan Ca ile şekerde bulunan sakaroz birleşerek Ca-Sakkarat bileşiğini oluşturmaktadır. Bu oluşum sırasında açığa çıkan OH^- iyonları HCl çözeltisi ile titre edilir ve HCl sarfiyatıyla doğru orantılı olarak aktiflik hesap edilmektedir. Aktiflik değeri %90 ve üzeri olan kireçler genellikle sanayi hammaddesi (gümüş, aliminyum üretimi) olarak satılmaktadır. TS EN 459 – 1 standardına göre aktiflik derecesi %90 ve üzeri olan kireçler CL 90 sembolü ile isimlendirilmiştir. Yapılan aktiflik analizi sonucunda kalsitik kireçtaşlarından elde edilen sönmüş ve sönmemiş kireçler CL 90 sınıfında yer almaktadır.

4.6.2 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde SiO₂ Dahil Asitte Çözülme Madde Tayini

Deney sonuçları Çizelge 4.44’de verilmiştir.

Çizelge 4.44 Asitte çözülme madde miktarı.

Numune	A.Ç.M.M. (%)	Ort . A.Ç.M.M. (%)	TS EN 459 – 1 (%)
1	1,52	1,48	2 (max.)
2	1,65		
3	1,28		

TS EN 459-1 standardına göre sınır değer %2’nin altında olması gerekmektedir. Yapılan analiz sonucunda değer %1,48 bulunduğu için numuneler asitte çözülme madde miktarı bakımından standarda uygundur.

4.6.3 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Toplam CaO ve MgO Tayini

Titrasyon deney sonuçları Çizelge 4.45’de verilmektedir.

Çizelge 4.45 CaO ve MgO değerleri.

Numune	%CaO	Ort %CaO	TS EN 459-1 (%)	% MgO	Ort %MgO	TS EN 459-1 (%)
1	94,5	94,43	90 (min.)	0,98	0,95	2 (max.)
2	93,6			1,02		
3	95,2			0,87		

MgO, su ve nem tutma özelliğinden dolayı miktarı fazla istenmez. CaO miktarı ise kirecin aktifliğine etki ettiği için fazla olması istenir. TS EN 459-3’e göre kalsitik kireçtaşlarının MgO miktarı maksimum %2, CaO miktarı minimum %90 olmalıdır. Çizelge 4.45’e göre kalsitik kireçtaşlarının MgO oranı %0,87-1,02 arasında, CaO oranı %93,6-95,2 arasında değişmektedir. Buna göre kalsitik kireçtaşlarından elde edilen

sönmüş ve sönmemiş kireç, TS EN 459-3 standardına göre yapı kireci olarak kullanılabilir özelliktedir.

4.6.4 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde SO₃ (Kükürt trioksit) Tayini

Kireç söndürüldüğünde SO₃ miktarında bir değişme olmayacağından sönmüş ve sönmemiş olarak iki ayrı deney yapılmamıştır. Alınan kireç numunesine 3 ayrı deney yapılarak bu deneylerin ortalaması kabul edilmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4.46’da verilmiştir.

Çizelge 4.46 SO₃ değeri.

Numune	SO ₃ miktarı (%)	Ort . SO ₃ miktarı (%)	TS EN 459 – 1 (%)
1	0,25	0,216	2,5 (max.)
2	0,21		
3	0,19		

Yapılan 3 ölçümün ortalama değeri %0,216 bulunmuştur. Bu değerin düşük çıkmasının başlıca sebebi kalsinasyonun kül fırınında yapılmasından kaynaklanmaktadır. Kül fırınında yapılan kalsinasyon da ortamda harici kükürt olmadığından bu değer kireç taşı içinde bulunan safsızlıktan ileri gelmektedir. Fabrikada bulunan Maerz fırınında petrokok yakıldığı için harici kükürt ortamı bulunmaktadır. Fabrikada üretilen kireçten alınan örneklerde SO₃ oranı %0,8-1,5 arasında değişmektedir. TS EN 459-3 yapı kireci uygunluk standardına göre bu değerin %2,5’den küçük olması gerekmektedir. Bu sebeple hem kül fırınında kalsine edilen kireç hem de fabrikadan alınan kireç numunesi SO₃ oranı bakımından standarda uygundur.

4.6.5 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde R₂O₃ Tayini

Kireç söndürüldüğünde R₂O₃ (Al₂O₃ ve Fe₂O₃) miktarında bir değişme olmayacağından sönmüş ve sönmemiş olarak iki ayrı deney yapılmamıştır. Alınan kireç numunesine 3

ayrı deney yapılarak bu deneylerin ortalaması kabul edilmiştir. Deney sonuçları Çizelge 4.47’de verilmiştir.

Çizelge 4.47 R₂O₃ değeri.

Numune	R ₂ O ₃ miktarı (%)	Ort . R ₂ O ₃ miktarı (%)	TS EN 459 – 1 (%)
1	0,02	0,043	1,5 (max.)
2	0,04		
3	0,07		

R₂O₃’ün ortalama değeri %0,043 olup TS EN 459-1 standardına göre yapı kireci olarak kullanılabilir özelliktedir.

4.6.6 Sönmüş Kireçlerde Serbest Su (nem) Tayini

Yapılan nem tayini değerleri Çizelge 4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4.48 Nem tayin değeri.

Numune	Nem miktarı (%)	Ort . Nem miktarı (%)	TS EN 459 – 1 (%)
1	0,89	0,89	2 (max.)
2	0,93		
3	0,86		

TS EN 459-1 yapı kireci uygunluk standardına göre nem miktarı %2’nin altında olması gerekmektedir. Yapılan nem tayini sonucunda ortalama değer %0,89 olduğu için nem oranı bakımında standarda uygundur.

4.6.7 Sönmüş Kireçlerde İşlenebilirlik Tayini (Penetrasyon Değeri)

Penetrasyon analizi değerleri Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.49 Penetrasyon vuruş sayıları.

Numuneler	Vuruş sayısı	Ort. Vuruş sayısı	TS EN 459 – 1
1	15	13,3	12 (min.)
2	12		
3	13		

Penetrasyon deneyi genelde yapı kireci olarak kullanılacak kireçlerde yapılan bir analizdir. Penetrasyon özellikle sıva için kullanılacak kireçlerin kıvamının ölçülmesi için yapılır

TS EN 459 standardına baktığımızda sarsma tablasına yerleştirilen numune 12 vuruştan az olmamak kaydı ile 19 cm çapa ulaşması gerekmektedir. Burada yapılan analizde her numune 12 vuruşun üzerinde 19 cm çapa ulaşmıştır. Ortalama vurma sayısı 13,3 olarak görülmektedir. Bu sebeple numune yapı kireci olarak standarda uygundur.

4.6.8 Sönmemiş Kireçlerde Reaktivite Tayini

Reaktivite analizinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.50’de verilmiştir.

Çizelge 4.50 Reaktivite sonuçları.

Numune	60°C’ye çıkış süresi (sn.)	Ort. 60°C’ye çıkış süresi (sn.)	TS EN 459 – 1 (sn.)
1	45	52,3	0-3 dak. (yumuşak pişmiş)
2	55		3-6 dak. (orta pişmiş)
3	57		6 > (sert pişmiş)

Reaktivite sönmemiş kirecin sönme hızını gösteren bir ölçü olup, bununla kirecin söndürme şartları belirlenir. Bir bakıma kireçlerin az pişmiş ya da çok pişmiş olduğunun kararlaştırılmasını sağlar.

Yapılan reaktivite analizi sonucunda 60°C'ye çıkış süresi ortalama 52,3 sn. olarak bulunmuştur. TS EN 459 - 1 standardına göre bu değer 3 dakikadan küçük ise kireç yumuşak pişmiş kireç olarak adlandırılmaktadır. Fabrikada üretimi sağlayan Maerz fırınında yapılan kireç numunelerine bakıldığında bu reaktivite değeri 35-45 sn arasında olduğu görülmektedir. Bu aradaki fark kül fırını ile Maerz fırınının ortam şartlarındaki farklılıktan ileri gelmektedir. Maerz fırınlarında fırın içerisindeki hava, basınç ve taşlar arasındaki boşluk sebebiyle reaktivite düşmektedir. Sonuç olarak kül fırınında ve Maerz fırınında kalsine edilen Emirdağ kalsitik kireçtaşları reaktivite olarak yumuşak pişmiş kireç özelliğindedir.

4.6.9 Sönmemiş Kireçlerde Verim Tayini

Verim analizi verilerinden hareketle elde edilen derinlik azalma değerleri Çizelge 4.51'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.51 Derinlik azalma değerleri.

Numune	Derinlik azalması (dm ³ /kg)	Ort. Derinlik azalması (dm ³ /kg)	TS EN 459 – 1 (dm ³ /kg)
1	2,6	2,66	2,6 – 2,7
2	2,7		
3	2,7		

Sönmemiş kireçlerin su ile karıştırılıp sönmesi esnasında reaksiyonda meydana gelen ısı enerjisi ile kireç-su karışımındaki su buharlaşarak kap içerisindeki karışımın hacmini azaltmaktadır. Böylece kap içerisinde derinlik azalması meydana gelir. Bu durum kireçlerin reaktifliği ile alakalıdır. Derinlik azalması yüksek olan kireç numuneleri az pişmiş, derinlik azalmaları düşük olan kireçler çok pişmiş kireç olarak adlandırılır.

TS EN 459-2 standardına göre bu değer 2,6–2,7 dm³/kg arasında olması gerekmektedir. Yapılan analizlerin ortalaması 2,66 dm³/kg olduğu için numunelerin TS EN 459-1 yapı kireci uygunluk standardına uygundur. Ayrıca değer 2,7 dm³/kg'a daha yakın olduğu için deneyde kullanılan numune az pişmiş kireç olduğu anlaşılmıştır.

4.6.10 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Hacim Değişmezliği Tayini

Hacim değişmezliği deneyi sönmüş ve sönmemiş kireçlerin sönme ortamında şekil ve hacim değişimini gözlemlemektedir. Sönmemiş kireçler için bu gözlem sadece göz ile yapılırken sönmüş kireçlerde Le Chatelier kalıplarının açıklığına bakılarak yapılır. Hacim değişmezliği özellikle sıvada kullanılan kireçlerin nemli ortamlarda sıvayı çatlatmasını engellemek için yapılan bir deneydir.

Sönmemiş kirece uygulanan hacim değişmezliği testi sonucunda bilezik kalıp içerisindeki numuneler gözle muayene edilmiş ve muayene sonucunda çok az miktarda çatlama olmasına rağmen genleşme oluşmamıştır. Bu durumda sönmemiş kirecin TS EN 459-1 yapı kireci standardına uygundur.

Le chatelier kalıplarındaki açıklık değişimleri çizelge 4.52’de görülmektedir.

Çizelge 4.52 Le Chatelier kalıplarındaki açıklık değişimleri.

Numune	İlk kalıp kanat açıklığı	Buhar banyosundan sonraki kalıp kanat açıklığı	Soğuma sonrasındaki kalıp kanat açıklığı	TS EN 459 - 1
1	7	6	6	7
2	8	7	6	8
3	7	6	5	7

TS EN 459-1 yapı kireci standardına göre büzülme kabul edilir, genleşme kabul edilmez. Yapılan analiz sonucunda 3 numunede de genleşme olmadığı için analiz yapılan sönmüş kireç numuneleri hacim değişmezliği bakımından TS EN 459-1 yapı kireci standardına uygundur.

4.6.11 Sönmüş Kireçlerde Yığın Yoğunluğu Tayini

Sönmüş kirece uygulana yığın yoğunluğu analiz değerleri Çizelge 4.53’de verilmiştir.

Çizelge 4.53 Yığın yoğunluğu değerleri.

Numune	Yığın yoğunluğu (kg/dm ³)	Ort. Yığın yoğunluğu (kg/dm ³)	TS EN 459 – 1 (kg/dm ³)
1	0,3	0,48	0,3 – 0,6 kg/dm ³
2	0,34		
3	0,58		

Yığın yoğunluğun sönmüş kireçlerin paketlenme sırasında paket hacminin belirlenmesi için gerekli bir değerdir. Bu deney 1 lt hacimli kap içerisine serbest düşen kireç numunesinin tartılmasıyla yapılmaktadır. Yapılan analiz sonucunda numunenin ortalama 0,48 kg/dm³ yığın yoğunluğuna sahip olduğu anlaşılmıştır. TS EN 459-1 yapı kireci standardına göre yığın yoğunluğu değerinin 0,3-0,6 kg/dm³ arasında olması gerekmektedir. Bu sebeple numuneler yığın yoğunluğu bakımından TS EN 459-1 yapı kireci standardına uygundur.

4.6.12 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde CO₂ Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kireç ile yapılan CO₂ analizi değerleri Çizelge 4.54’de sunulmuştur.

Çizelge 4.54 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde CO₂ miktarları.

Numune Cinsi	CO ₂ miktarı (%)			Ort. CO ₂ miktarı (%)	TS EN 459 – 1 (%)
	1	2	3		
Sönmüş	0,2	0,4	0,7	0,43	%80 aktiflikte %7 (max.)
Sönmemiş	0,3	0,5	0,4	0,4	%90 aktiflikte %4 (max.)

TS EN 459 yapı kireci standardına göre aktiflik derecesi %80 olan kireçlerde CO₂ oranı maksimum %7, aktifliği %90 olan kireçlerde ise CO₂ oranı maksimum %4 olmalıdır. Kalsitik kireçtaşlarında kirecin aktifliği %90’ın üzerinde olduğu için CO₂ oranı %4’ün altında olması gerekmektedir. Çizelge 4.54’e göre sönmüş kirecin CO₂ oranı ortalama

%0,43, sönmemiş kirecin CO₂ oranı ortalama %0,4 dür. Bu durumda kalsitik kireçtaşlarından alınan numunelerin kalsinasyonu sonucunda elde edilen sönmüş ve sönmemiş kireçler TS EN 459 - 1 yapı kireci standardına uygun özelliktedir.

4.6.13 Sönmüş ve Sönmemiş Kireçlerde Hava Muhtevası Tayini

Sönmüş ve sönmemiş kirece uygulanan hava muhtevası testinin değerleri Çizelge 4.55’de verilmiştir.

Çizelge 4.55 Hava muhtevası değeri.

Numune Cinsi	Hava muhtevası (%)			Ort. Hava muhtevası (%)	TS EN 459 – 1 (%)
	1	2	3		
Sönmüş	0,7	0,9	1,2	0,93	2,5 (max.)
Sönmemiş	0,9	1,1	1,3	1,1	2,5 (max.)

Hava muhtevası sönmüş ve sönmemiş kireçlerin yığın yoğunluğuna etki eden bir özelliktir. TS EN 459 - 1 yapı kireci standardına göre hava muhtevası oranı sönmüş ve sönmemiş kireçlerde maksimum %2,5 olması gerekmektedir. Çizelge 4.55’e göre sönmüş kirecin hava muhtevası oranı ortalama %0,93, sönmemiş kirecin hava muhtevası oranı ortalama %1,1’dir. Bu değerlere göre hava muhtevası oranı TS EN 459 - 1 yapı kireci standardında belirtilen maksimum değer in altında kalmaktadır. Bu sebeple sönmüş ve sönmemiş kireç numuneleri TS EN 459 - 1 yapı kireci standardına göre hava muhtevası bakımından yapı kireci olarak kullanılabilir özelliktedir.

5.SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında Emirdağ (Afyonkarahisar) kireçtaşlarının hammadde özellikleri belirlenmiştir. Bu özelliklerin belirlenmesiyle, kalsitik kireçtaşlarının kireç imalinde, dolomitik kireçtaşlarının cam imalinde kullanılabilirliği incelenmiştir. Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının kullanım alanını genişletmek amacıyla döşeme, kaplama ve farklı kullanım alanlarında kullanılması için standartlara göre testler yapılmış ve test sonuçlarının standartlara uygunluğu kontrol edilmiştir. Ayrıca, kalsitik kireçtaşlarından alınan numuneler kireç yapılarak, bu kirecin yapı kireci standardına uygunluğu araştırılmıştır.

Kalsitik kireçtaşlarına yapılan mineralojik ve petrografik analizler sonucunda esas mineralin kalsit olduğu ve metamorfizma geçirdiği; dolomitik kireçtaşlarına yapılan mineralojik ve petrografik analizler sonucunda esas mineralin kalsit olduğu, dolomit tanelerinin buna eşlik ettiği ve kayacın sedimanter kökenli olduğu anlaşılmıştır.

Kalsitik kireçtaşlarına yapılan kimyasal analizler sonucunda CaO oranı ortalama %54,16, MgO oranı ortalama %0,56, $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ oranı ortalama %0,39, SiO_2 oranı ortalama %0,723 olarak bulunmuştur. Kalsitik kireçtaşlarının çimento hammaddesi olarak kullanılabilmesi için EN 197 standardına göre CaO oranı %45'ten fazla, MgO oranı %5'ten az, SiO_2 oranı %15'ten az olması, kireç hammaddesi olarak kullanılabilmesi için TS 11669'nolu kireç imalinde kullanılan kireçtaşı standardına göre $CaCO_3$ en az %90, MgO en çok %5, SiO_2 en çok %2,5, $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ en çok %1,5 olması gerekmektedir. Kimyasal analizler sonucunda kalsitik kireçtaşlarının çimento hammaddesi ve kireç hammaddesi olarak kullanılabilir özellikte olduğu tespit edilmiştir.

Dolomitik kireçtaşlarına yapılan kimyasal analiz sonucunda CaO oranı ortalama %31,34, MgO oranı ortalama %20,81, SiO_2 oranı ortalama %0,34, Fe_2O_3 oranı ortalama %0,33, Al_2O_3 oranı ortalama %0,243 olarak bulunmuştur. Dolomitik kireçtaşlarının yüksek fırınlarda ve sinterleme işlemlerinde kullanılabilmesi için MgO oranı minimum %19, CaO oranı maksimum %34, $Al_2O_3 + SiO_2$ oranı minimum %2,8 olması, cam imalinde hammadde olarak kullanılabilmesi için, TS 10720'nolu dolomitlerin cam

hammaddesi olarak kullanılması standardına göre MgO minimum %18, CaO maksimum %35, Fe₂O₃ oranı maksimum %0,1, SiO₂ oranı maksimum %1 olması gerekmektedir. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşları yüksek fırınlarda sinterleme işlemlerine ve cam imaline uygun hammadde özelliklerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Kalsitik kireçtaşlarına yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucunda; su emme oranı ortalama %0,1785 görünür yoğunluk miktarı ortalama 2,6776 g/cm³, toplam gözeneklilik oranı ortalama %1,363, sürtünme ile aşınma kaybı değeri ortalama 11,2 cm³/50cm², tek eksenli basınç dayanımı ortalama 61,53 MPa, sabit moment altında eğilme dayanım değeri ortalama 11,51 MPa, don sonrası tek eksenli basınç dayanımı ortalama 47,86 MPa, don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımı ortalama 6,45 MPa olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre kalsitik kireçtaşlarının TS 11137 kireçtaşları ve TS 10449 mermerler için döşeme ve kaplama olarak kullanılma standardına uygun olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca kalsitik kireçtaşlarının görünür yoğunluk değerine bakılarak TS 11669'nolu kireç imalinde kullanılan kireçtaşı standardında verilen sınıflamaya göre 3. sınıfta yer aldığı anlaşılmaktadır.

Dolomitik kireçtaşlarına yapılan fiziksel ve mekanik testler sonucunda su emme oranı ortalama %0,37831, görünür yoğunluk miktarı ortalama 2,7985 g/cm³, toplam gözeneklilik oranı ortalama %1,266 sürtünme ile aşınma kaybı değeri ortalama 4,4cm³/50cm², tek eksenli basınç dayanımı ortalama 70,03 MPa, sabit moment altında eğilme dayanım değeri ortalama 8,38 MPa, don sonrası tek eksenli basınç dayanımı ortalama 51,48 MPa, don sonrası sabit moment altında eğilme dayanımı ortalama 6,08 MPa olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre dolomitik kireçtaşları TS 11444 standardında bildirilen görünür yoğunluk değerinin minimum değeri olan 2,85 gr/cm³ değerinin altında kaldığından dolayı görünür yoğunluk açısından döşeme ve kaplama olarak kullanılamaz. Diğer özellikler bakımından TS 11444 standardına göre döşeme ve kaplama olarak kullanılabilir özellikte olduğu anlaşılmıştır.

Kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının döşeme ve kaplama olarak kullanılma standartlarında istenmeyen fakat hammadde özelliklerinin tam olarak belirlenmesi ve kaya sınıflamalarının yapılabilmesi amacıyla diğer fiziksel ve mekanik özellikleri de

araştırılmıştır. Kalsitik kireçtaşlarının öz kütlesi $2,7146 \text{ gr/cm}^3$, açık gözeneklilik oranı ortalama %0,5416, ultra ses geçiş hızı ortalama $5,14 \text{ km/sn.}$, Schmitd darbe çekici ile yüzey sertliği ortalama 39,33, tek eksenli yük altında eğilme dayanımı ortalama 7,98 MPa, don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı 5,28 MPa olarak bulunmuştur. Dolomitik kireçtaşlarının öz kütlesi $2,8344 \text{ gr/cm}^3$, açık gözeneklilik oranı ortalama %0,7855, ultra ses geçiş hızı ortalama $5,13 \text{ km/sn.}$, Schmitd darbe çekici ile yüzey sertliği ortalama 49,41, tek eksenli yük altında eğilme dayanımı ortalama 5,85 MPa, don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı 3,91 MPa olarak bulunmuştur.

Kalsitik kireçtaşlarından alınan numuneler kül fırınında kalsinasyona tabi tutularak kireç elde edilmiştir. Elde edilen bu kireç numuneleri TS EN 459 yapı kireci uygunluk standardına göre testlere tabi tutulmuş ve test sonuçlarının yapı kirecine uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Kalsitik kireçtaşlarına yapılan yapı kireci uygunluk testlerine göre sönmüş kirecin aktifliği ortalama %91,81, sönmemiş kirecin aktifliği ortalama %92,96, asitte çözülmeyen madde miktarı %1,48, kükürt trioksit oranı %0,216, R_2O_3 (Al_2O_3 ve Fe_2O_3) oranı %0,043, sönmüş kirecin nem oranı %0,89, sönmüş kirecin işlenebilirlik vuruş sayısı 13, sönmemiş kirecin reaktivitesi 52,3 sn., sönmemiş kirecin verimi $2,66 \text{ dm}^3/\text{kg}$, sönmüş kirecin yığın yoğunluğu $0,48 \text{ kg/dm}^3$, sönmüş kirecin CO_2 oranı %0,43, sönmemiş kirecin CO_2 oranı %0,4 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre kalsitik kireçtaşı numunelerinin kalsinasyonu ile elde edilen sönmüş ve sönmemiş kireç TS EN 459 standardına göre yapı kireci olarak kullanılabilir özellikte olduğu anlaşılmıştır.

Emirdağ (Afyonkarahisar) kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarına yapılan tüm bu testler sonucunda kalsitik ve dolomitik kireçtaşlarının hammadde özellikleri belirlenmiştir. Kalsitik kireçtaşlarının kireç ve çimento imaline uygun özelliklerde, kullanım alanı olmayan döşeme alanında don sonrası tek eksenli basınç dayanımı açısından ve don sonrası tek eksenli yük altında eğilme dayanımı açısından kullanılamaz, diğer tüm fiziko - mekanik özellikler bakımından kullanılabilir özelliklerde olduğu anlaşılmıştır. Kalsitik kireçtaşlarından alınan numunelerden elde edilen sönmüş ve sönmemiş kirecin yapı kireci olarak kullanılabilir olduğu anlaşılmıştır. Dolomitik kireçtaşlarının cam ve yüksek fırınlarda sinter imalinde hammadde olarak kullanılabilir olduğu ve görünür

yoğunluk değerinin dışında diğer fiziksel ve mekanik özelliklerinin kaplama ve döşeme olarak kullanılabilir özelliklerde olduğu anlaşılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Arısoy, C.F., Mumcu, A., Şeşen, M.K., 2003, “Sinter Üretiminde Bazik Oksijen Fırını (BOF) Cürufunun Kullanılmasının Etkileri”, Metalurji Dergisi, (133), s. 60-66, Ankara.
- Arslan, M., Demir, İ., 2005, “Kırşehir Yöresi Kırmataş Agregalarının Mühendislik Özellikleri” Gazi Üniversitesi. Müh. Mim. Fak. Der. Gazi Üniversitesi, Cilt: 20, (3), s. 112-123, Ankara.
- Atabey, E., Güncüoğlu, M.C., Topal, T., Alptekin, C., 2006, “Güney İlçesi (Denizli) Batısındaki Gölsel Kireçtaşlarının Fiziksel, Jeokimyasal ve Teknolojik Özellikleri”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, (30), s. 27-38, Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Bayat, H.,B., 2001, “Bayat (Atabey – Isparta) Kireçtaşlarının Mermer Olarak Kullanılabilirliği ve Ekonomik Potansiyeli”, Türkiye III. Mermer Sempozyumu, s. 417-430, Afyonkarahisar.
- Betchin, A., G., 1957, Deutsche Redaction: Leutwein, H. F. Sommer M., Prescher, H., Tölle, H Speziellen Mineralogie, Porta Verlag, München, p. 346-356., Lehibuch der.
- Bilgiç, M. 2001, “Magnezya’ nın ve Çelik Yapım Refrakterlerinin Geleceğine Kısa Bir Bakış” TMMO Metalurji Dergisi, (127), s .43-48, Ankara.
- Boynton, R., S., 1980, “Chemistry and Technology of Lime and Limestone” Edition. John Wiley and Sons, Inc., s. 83-97, New York.
- Boztaş, C., S., 2009, “Burdur İli Yeşilova İlçesi Kağılcık Mevkii Kireçtaşlarının Mermer Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 78 s., Adana.
- Brown, E., T., 1981, “Suggested Methods of Rock Characterization Testing and Monitorin”, International Society for Rock Mechanics, 53 s., Portugal,
- Buldu, İ., 2006, “Bağcılar – Burhan (Mersin – Tarsus) Kireçtaşlarının Hammadde Özelliklerinin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 40 s., Adana.
- Çankal, A., 1999, “Kuvars Kumundan Cam Eldesi”, Seminer Ödevi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Cevher Hazırlama Programı, 21 s., Afyonkarahisar (Yayınlanmamış).

- Çelik, M.Y., ve Büyüksağış, İ.S., 2001, “Tabaklar-Emirdağ Travertenlerinin Jeolojik Konumu, Fiziksel ve Fiziko-mekanik Özelliklerinin İncelenmesi”, Mermer, Doğaltaş Sektörü Dergisi, (30), s. 32-37, İzmir.
- Çelik, M.Y., 2008, “Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü 4. Sınıf Ders Notları, 76 s., Afyonkarahisar, (Yayımlanmamış).
- Çiçek, T., 1999, “Kireç ve Kullanımı” 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s. 184-194, İzmir.
- Dal, M., 2005, “Edirne’ de Dolomitik Yapı Kayaçlarının Tahrip Şekilleri ve Restorasyon Yöntemleri”, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trakya Üniversitesi, 97 s., Edirne.
- Deere, D.U., 1964, “Technical description of rock cores for engineering purposes”, Felsmachanikn und Ingenieurgeologie, (1), s. 16-22, Germany.
- Demir E., Ç., 1996, “Camın Öyküsü”, Skylife Dergisi, Nisan s. 52-58, İstanbul.
- Demir İ., 2003, “Mermer Tozu ve Atıkların Kullanımı”, Ders Notları, Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, 47 s., Afyonkarahisar (Basılmamış).
- Demirbilek, M., Topal, İ., Akçakoca, H., Uz, V., Işık, İ., 2006, “Usability of Radyolarite Rock of Kütahya-Ilıca Region in Natural Stone Sector”, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (11), s. 115-132, Kütahya.
- DPT, 2001.a, “Toprak Sanayi Hammaddeleri”, Kalkınma Planı, Madencilik ÖİK, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Rapor No: 2612, Ankara.
- DPT, 2001.b, “Çimento Hammaddeleri” Kalkınma Planı, Madencilik ÖİK, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Rapor No: 2615, Ankara.
- Dunham, R. J., 1962, “Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture”, In: Ham, W. E. (ed.), Classification of Carbonate Rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir, p. 108-121, A.B.D.
- Eren, M., Kaplan, M., Y., Kadir, S., 2008, “Aydıncık (Mersin) Yöresi Alt Liyas Dolomitlerinin Endüstriyel Hammadde Potansiyeli”, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 51, (1), s. 33-37, Ankara.
- Erol, B., Kayı, A. ve Bayraktaroğlu, Ş.Ş., 1998, ”Kireç ve Kireçtaşı” Kireç Üreticileri Birliği Yayını, 87 s., İzmir.

- Eşsiz, Ö., 2003, "Teknolojinin Cam Cephe Panellerine Getirdiği Yenilikler", MSÜ Mimarlık Dergisi, (17), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, s. 23-27, İstanbul.
- Folk, R.L., 1959, "Practical Petrographic Classification of Limestones" American Association of Petroleum Geologists Bulletin, (43), p. 1-38.
- Gerçek, H., 2004, "Kayaçların Poisson Oranlarına Göre Sınıflandırılması", KAYAMEK'2004 – VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, s. 65-72, Sivas.
- Ghosh, M. Das, S. Chakrabarti, S. Ghatak, 2002, "Development of Ceramics Tiles from Common Clay and Blast Furnace Slag", (28), s. 393-340, Ceramics International,
- Göksu, Ö., 2006, "Sıvı Demir Eldesinde Yüksek Fırınlarda Kullanılan Refrakter Malzemelerin Döküm Çeliği Çamurunun Fiziksel ve Kimyasal Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı, 80 s., Kahramanmaraş.
- Gökten, E., Sağlam, A., Ünlüsoy, N., Temiz, U., 2006, "Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ (Eskişehir) Geç Pliyosen-Kuvaterner havzasının neotektonik özellikleri", Aktif Tektonik Araştırma Gurubu 10. Toplantısı, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, s. 123-137, İzmir.
- Güleç, K., 1971, "Alkali-Karbonatlı Kaya reaksiyonu", Madencilik dergisi, (10\6), s. 28-36, Ankara.
- Güler, A., 2007, "Sertavul (Mut – Mersin) Dolayının Stratigrafisi ve Mesozoyik Kireçtaşlarının Mermer Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 113 s., Adana.
- Güney, A. ve Tarkan, M., 1999, "Karbonatlı Kayaçlar", Endüstriyel Mineraller El Kitabı 143 s., İstanbul (Yayımlanmamış).
- Haner, B., 2004, "Batı Karadeniz Havzası Endüstriyel Hammadde Kaynaklarının Değerlendirilmesi", 5.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 42-47, İzmir.
- Hadley, D. W. and Others, 1967, "Symposium, on Alkali - Carbonate Rock Reactions" American Highway Research Record (45), s. 34-43, Washington.

- Irion. G., 1970, Mineralogisch Sediment Petrographische und Geochemische Untersuchungen am Tuz Gölü (Salzseen), Turkey Doktora Tezi. Ruprecht Kari Universitaet (Heidelberg), 68 p (yayımlanmamış).
- Kabasarı, S., 2002, “Dazkırı-Dinar (Afyonkarahisar) Arasında Kalan Dolomit Zuhurlarının Maden Jeolojisi ve Ekonomik Potansiyeli”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 62 s., Isparta.
- Karakaş, F., Güldan, G., Ersever, G., Erkan, DJ., Güven O., Çelik, M.S., 2009, “Endüstriyel Hammaddelerin Boya Üretiminde Kullanımı”, 7.Uluslar arası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, s. 416-424, İzmir.
- Karakaş, Z., Varol, B., 1994, “Sivrihisar Neojen Basenindeki Gölsel Dolomitlerin Petrografisi ve Oluşum Koşullarının Duraylı İzotoplar Yardımıyla Yorumlanması”, MTA Dergisi, (56), s. 81-95, Ankara.
- Keskin, Z., 2007, “Bir Cam Üretim İşletmesinde Kalite Maliyetinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma”, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 112 s., Kütahya.
- Kılıç, Ö., Anıl, M., 2005, “Farklı Kalsinasyon Ortamlarının Kireç Üretimi Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması” Madencilik Dergisi (4) 44.cilt s. 19-28, Ankara.
- Kılıç, Ö., 2005, “Klasik Eberhart Tipi Kireç Fırınları İle Parelel Akışlı Maerz Fırınlardaki Kalsinasyon Parametrelerinin Karşılaştırması ve Çukurova Bölgesi Kireçtaşları Üzerine Uygulamalar”, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 171 s., Adana.
- Kırkoğlu, S., “Endüstriyel Kullanım Açısından Karbonat Kayaçları”, 1. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, ISBN 975-395-196-5, s.19-32. İstanbul.
- Kiraz, N., Tatar, P., Sayılkan, F., Asiltürk, M., Arpacı, E., 2007, “Sol-Jel Yöntemi ile Mat Cam Üretimi”, 21. Ulusal Kimya Kongresi, İnönü Üniversitesi, s. 23-32, Malatya.
- Kibici, Y., 2002, “Petrografi İlkeleri ve Uygulamaları”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Ders Notları, 132 s., Afyonkarahisar.
- Konak, G., Onur, H.A., Karakuş, D., 2008, “İnşaat Sektörünün İhtiyacı Olan Agreganın İşletilmesi ve Kentsel Faydaları”, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, s. 232-251, İzmir.

- Kulaksız, S. 2007, “Doğaltaş Maden İşletmeciliği ve İşletme Teknolojileri”, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, s. 76-77, Ankara
- Kuşçu, M., 2001, “Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller” SDÜ yayını, (10), 381 s., Isparta.
- Kuşçu, M., Cengiz, O., Bozcu, A., 2001, “Menteşe (İsparta) Dolomitlerinin Endüstriyel Hammadde Özelliklerinin Araştırılması” 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Müh. Bölümü, s. 118-119 Isparta
- Kuzvart, M., 1984, “Industrial Minerals and Rocks, Elsevier”, 454pp., Elsevier, Amsterdam.
- Lokman, L. 1999, “Kireç El Kitabı” Kireç Üreticileri Birliği, 282 s., Ankara (Basılmamış).
- Leighton, M.W., and Pendexter, C., 1962, Carbonate Rock Types, in Classification of Carbonate Rocks, Memoir 1, Ham, W.E., ed., American Association of Petroleum Geologists, p. 33-61, America.
- MEGEP, 2008, “Seramik ve Cam Teknolojileri Üretim Kademeleri”, 37 s., Ankara.
- Metin, S., Genç, Ş. ve Bulut, V., 1987, Afyon ve Dolayının Jeolojisi, M.T.A. Rapor No:8103, Ankara, (Yayınlanmamış).
- Metin, S., Genç, Ş., Bulut, V., Ölmez, M., Kılıç, I., Akıncı, A., Ucut, M. ve Kurt, Z., 1988, “Bolvadin (Afyon)–Yunak (Konya) Dolayının Jeolojisi”, M.T.A. Rapor No:8522, Ankara (Yayınlanmamış).
- Oates, J.A.H., 1998, “Lime and Limestone Chemistry and Technology”, Production and Uses, Wiley-VCH Verlag GmbH, p.169.
- Onargan, T., Köse, H., Deliormanlı, 2004, “Mermer” Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, s. 324-336, İzmir.
- Orhan, H., 2008 “Sedimanter Kayaçlar”, Selçuk Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Ders Notları, 12 s., Konya.
- Othmer, K., 1978, “Encyclopedia of Chemical Technology”, Vol. 14, 3 Wiley and Sons, 343-381 pp., New York..
- Önem, Y., 1997 “Sanayi Madenleri”, Kozan Ofset, 234 s., Ankara.
- Özkan, S., 2006, “Salbaş (Adana) Kumtaşlarının Fiziko – Mekanik ve Petrografik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 105 s., Adana.

- Öztürk, Ö., Çelikel, M., Erkan, M., 2007, “Türkiye Agrega Sektör Raporu,” Hazır Beton Dergisi, (84), s.52-56, Ankara.
- Pişkin, S., 2005, “Kireçtaşı ve Kireç Üretimi, Kimyasal Teknolojiler Projesi”, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 82 s., İstanbul. (Basılmamış).
- Romieux, J., 1942, “Hatay'da Yapılan İstikşaf Raporu” M.T.A. rapor no: 1426, s. 43-49 Ankara, (Yayımlanmamış).
- Sül, Ö., L., Kahriman, A., Demirci, A., Cebeci, Y., Boyraz, T., 1996, “Sivas Kireç Fabrikasına Yönelik Alternatif Hammadde Kaynaklarının Değerlendirilmesi” Madencilik Dergisi, (2), s. 41-52., Ankara.
- Şahin, N., 2008 “Kalsit Hakkında Bazı Bilgiler”, Madencilik Bülteni, (12), 49-51s., Ankara.
- Şahin, N., 1999 “Endüstriyel Hammadde Olarak Kalsit (CaCO_3) ve Cevher Hazırlaması”, MTA Genel Müdürlüğü Derleme Rap No:10294, Ankara.
- Şentürk, A., Gündüz, İ., Tosun, Y., Saruışık, A., 1996, “Mermer Teknolojisi”, Tuğra Ofset, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 242 s., Isparta.
- Tatar, D., 2006, “Silikalı Camların Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 173 s., İstanbul.
- Temur, S., 2001, “Metalik maden yatakları”, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 287 s., Konya.
- Tatar, U. 2003, “Merakum (Sivas) Yöresinin Jeolojisi, Yöredeki Kireçtaşlarının Çimento Hammaddesi Olarak Kullanılabilirliğinin ve Ortalama Tenör-Rezerv Dağılımının İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Ana Bilim Dalı, 97 s., Sivas.
- Tarhan, F., 1989 “Mühendislik Jeolojisi Prensipleri”, KTÜ, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, 234 s., Trabzon.
- Toprak G., 2007, “Mermer ve Kireçtaşlarından Elde Edilen Kirecin özellikleri”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Teknoloji Enstitüsü, 76 s., İzmir.
- Toraman, Y., Ö., Uçurum, M., Katırcıoğlu, D., 2009, “Eş Boyutlu Mikronize Kalsitin Boya ve Kağıt Sektöründe Ürün Kalitesine Etkisi”, 7. Uluslar arası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı, s. 225-231, İzmir.

- TS EN 196-7, 2010, “Çimento Deney Yöntemleri- Bölüm 7: Çimentodan numune alma ve hazırlama metodları.”, S.No.2
- TS EN 197-1\A3, 2010, “Çimento – Bölüm 1 : Genel Çimentolar.”, S.No.5
- TS EN 459 – 1, 2005, “Yapı kreci – Bölüm1: Tarifler özellikler ve uygunluk kriterleri.”, S.No.2
- TS EN 459-2, 2005, “Yapı kireci – Bölüm2: Deney metodları.”, S.No.1
- TS EN 459-3, 2002, “Yapı kireci – Bölüm 3: Uygunluk.”, S.No.1
- TS 699, 2009, “Doğal Yapı Taşları- İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri.”, S.No.1
- TS EN 1097, 2002, “Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler.”, S.No.1
- TS EN 1237, 2003, “Doğal Taşlar- Deney Metodları- Dona Dayanım Tayini.”, S.No.1
- TS EN 1367, 2003, “Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler.”, S.No.1
- TS EN 1926, 2007, “Doğal Taşlar- Deney Metodları- Basınç Dayanımı Tayini.”, S.No.1
- TS EN 1936, 2010, “Doğal Taşlar Deney Metodları, Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik.”, S.No.3
- TS 2979, 1978, “Cam Kumlarında Silisyum Dioksit Miktarı Tayini İçin Kimyasal Analiz Metodu.”, S.No.1
- TS 3130, 1978, “Cam Kumlarında Demir-3- Oksit, Aliminyum-3- Oksit ve Zirkonyum Dioksit Miktarları Tayini İçin Kimyasal Analiz Metodları.”, S.No.1
- TS 3526, 1980, “Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini.”, S.No.1
- TS 3530 EN 933-1, 2007, “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1 Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini – Eleme Metodu.”, S.No.2
- TS 4033, 1983, “Kireçtaşı- Renksiz Cam Üretiminde Kullanılan-Kimyasal Analiz Metodları.”, S.No.1
- TS 4746, 1986, “Kireçtaşı- Öğütülmüş, Renksiz Cam İmalinde Kullanılan.”, S.No.1
- TS 5121, 1987, “Feldspat- Cam Üretiminde Kullanılan.” S.No.1
- TS 8599 \ T1, 1992, “Hayvan Yemleri – Yalama Taşı.”, S.No.2
- TS 8606 \ T1, 2005, “Hayvan Yemleri – Kalsiyum Karbonat Bileşikleri.”, S.No.2
- TS 8880, 1991, “Yem Katkı Maddeleri – Asit Düzenleyiciler – Kalsiyum Karbonat Tayini (Titrimetrik Metod).”, S.No.1

- TS 9126, 1991, “Refrakter Malzemeler – Magnezit ve Dolomit Esaslı – R_2O_3 Tayini.”,
S.No.1
- TS 9699, 1992, “Hayvan Yemleri – Tavuk Yumurta Yemi.”, S.No.2
- TS 10449 \ T1, 2004, “Mermer - Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan.”, S.No.2
- TS 10720, 1993, “Dolomit – Cam Sanayinde Kullanılan.” S.No.1
- TS 11137 \ T1, 2004 “Kireçtaşı (Kalker) - Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan.”,
S.No.2
- TS 11296, 1994, “Dolgu Maddeleri – Boyalarda Kullanılan.”, S.No.1
- TS 11444 \ T1, 2004, “Dolomit -Yapı ve Kaplama Taşı Olarak Kullanılan.”, S.No.2
- TS 11653, 1995, “Kalsit – Kağıt Sanayinde Kullanılan.”, S.No.1
- TS 11669, 1995, “Kireçtaşı (Kalker) – Kireç İmalinde Kullanılan.” S.No.1
- TS EN 12372 Doğal Taşlar Deney Metodları, Tek Eksenli Yük Altında Eğilme
Dayanım Tayini
- TS EN 12407, 2008, “Doğal Taşlar -Deney Metodları- Petrografik İnceleme.”, S.No.1
- TS EN 12485, 2001, “Yüksek Kalsiyumlu Kireç ve Yarı Pişmiş Dolomit Deney
Metotları.”, S.No.1
- TS EN 13161, 2009, “Doğal Taşlar- Deney Metodları- Sabit Moment Altında Eğilme
Dayanımı.”, S.No.1
- TS EN 13242, 2009, “İnşaat Mühendisliği İşleri ve Yol Yapımında Kullanılan
Bağlayıcısız ve Hidrolik Bağlayıcılı Malzemeler İçin Agregalar.”, S.No.1
- TS EN 13755, 2009, “Doğal Taşlar- Deney Metodları- Atmosfer Basıncı Altında Su
Emme.”, S.No.1
- TS EN 14579, 2006, “Doğal Taşlar- Deney Metodları- Ses İlerleme Hızı Tayini.”,
S.No.1
- TS EN 14579, 2006 “Doğal Taşlar- Deney Metodları- Tek Eksenli Yük Altında Eğilme
Dayanımı Tayini.”, S.No.1
- Ullmans, 1977, “Encyclopädie der Technischen Chemie, Verlag Chemie”, Wenheim,
Band (13), s. 497-500.
- Uman, Ö. ve Yergök, F. A., 1979, “Emirdağ (Afyon) Dolayının Jeolojisi”, M.T.A.
Rapor No: 6604, Ankara (Yayınlanmamış).
- Ün, H., 2007, “Bağlayıcı Maddeler” Yapı Malzemeleri Dersi Ders Notları, Pamukkale
Üniversitesi, 24 s., Denizli (Yayınlanmamış).

- Ünal, E., 2005, “Niğde ve Yörelerinde İnşaat Sektöründe Kullanılan Agregaların Minerolojisi ve Bunların Beton Kalitesine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 143 s., Niğde.
- Uysal, Ö., Akçakoca, H., Topal, İ., 2003, “Bazı Doğaltaşların Tektomekanik Özellikleri ve Uygun Kullanım Alanlarının Belirlenmesi”, MERSEM 2003 Türkiye IV Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. 343-352, Afyonkarahisar.
- Uz, B., Bacak, G., 2008, “Beyceköy (Bilecik) Kireçtaşlarının Jeolojisi, Petrografisi ve Mermer Olarak Değerlendirilmesi”, MERSEM, 2008 Türkiye VI. Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu, s. 249 – 256, Afyonkarahisar.
- Vural, G., 1999, “Manyezit Yatakları” Dönem Ödevi, İnönü Üniversitesi, 112 s., Malatya (Yayınlanmamış).
- Wirtz, D., 1955, “Malatya Tohma Suyu Çöküntü Bölgelerinin Jeolojik Löveleri Hakkında Rapor”, M.T.A. Rap., no. 2364 (yayınlanmamış), Ankara.
- Wiemer, K.H., 1975, “Limeburning Using a Rotary Kiln With a Vertical Preheater” Quarry Management and Products, 123 s., U.S.A.
- Yıldırım, N., 2007, “Kireçtaşlarında Tuzların Yıkıcı Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Ana Bilim Dalı, 186 s., İstanbul.
- Yüksel, S., 1995, “Kireçtaşı Marn Ardışımına Bir Örnek: Trabzon-Rize Yöresinde”, Jeoloji Mühendisliği Dergisi, KTÜ. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, s. 28-31, Trabzon.

6.1 İnternet Kaynakları

	Erişim Tarihi
1- http://www.turkcebilgi.com	04.06.2009.
2- http://www.maerz.com	12.08.2009.
3- http://www.2irna.com	14.02.2010.
4- http://www.wikipedia.org	18.02.2010.
5- http://www.alkemachine.com	20.02.2010.

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Velit Orçun TÜRKSOY
Doğum Tarihi : 15/09/1982
Doğum Yeri : ESKİŞEHİR
Uyruğu : T.C.
Medeni Hali : Bekar

Eğitim Durumu :

2007-.... **Afyon Kocatepe Üniversitesi**
Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği A.B.D
2003-2007 **Afyon Kocatepe Üniversitesi**
Maden Mühendisliği Lisans Eğitimi
1997-2001 **İstanbul Haydarpaşa Teknik Okullar Kampüsü**
Teknik Lise Makine Bölümü
1994-1997 **Datça Şehit Yorulmaz Lisesi**
Ortaöğretim
1989-1994 **İstanbul Paşakapısı İlköğretim Okulu**
İlköğretim

Denevimler :

2007-2009 Danışman Grup Afyon Çimento Kil, Kireçtaşı ocakları şantiye şefliği. Kil ve kireçtaşı ocakları işletmeciliği, Konkasör tesisinde hammadde hazırlama
2009-2010 Kombassan Holding Adaçal Endüstriyel Mineraller AŞ. Hammadde Şefliği. İlk ocak açımı ocak işletmeciliğine geçiş, Konkasör tesisi tasarımı ve sistemin kurulması.

2010- Yıldızlar SSS Holding Söğütsen Seramik A.Ş.
Afyonkarahisar/Kınık Potasyum Feldspat Hazırlama,
Zenginleştirme ve Öğütme Tesisi. Üretim Sorumlusu

Staj _____ :

2004 Demireller A.Ş. İscehisar Örenaltı Ocağı Mermer ocak stajı (30 iş günü).
2004 Demireller A.Ş. Mermer fabrika stajı (30 iş günü).
2005 Park Enerji A.Ş. Çayırhan Termik Santrali Yeraltı işletme stajı (30 iş günü).

Katıldığı Kurslar:

2007 Maden Mühendisleri Odası Teknik Nezaretçilik Semineri / Ankara
2008 Maden Mühendisleri Odası Patlayıcı Madde Eğitim Semineri / Ankara
2008 Maden Mühendisleri Odası İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı Eğitimi / Ankara
2009 Maden Mühendisleri Odası Jeotermal Eğitim Semineri / Ankara
2010 OHSAS 18001 İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı İç Tetkikçi Eğitimi / Afyonkarahisar.

Bilimsel Yayınlar

2009 Özgen, S. Türksoy V. O., Sabah, E and Oruç, F., 2009, “Process Development Studies on Recovery of Clean Coal From Ultra Fine Hardcoal Tailings Using Enhanced Gravity Separator”, The Canadian Journal of Chemical Engineering, V. 87, 715 – 725 p. Canada.

Aldığı Belgeler :

2004 B sınıfı sürücü belgesi
2007 Teknik nezaretçilik belgesi

2008	B sınıfı Ateşleyici yeterlilik belgesi
2008	İş güvenliği eğitim sertifikası
2009	Jeotermal enerjileri eğitim sertifikası
2010	OHSAS 18001 İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı İç Tetkikçi Belgesi

Bilgisayar Bilgisi : * Microsoft Windows 95/98/NT/XP/VİSTA/Windows 7
* Word – Excel
* Netcad

İlgilenilen Alanlar: Resim, Sinema, Müzik, Kayak, Yüzme, Briç, Puzzle

Ödüller : 2006-2007 öğretim yılı mezuniyeti Afyon Kocatepe
Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fakülte Birinciliği – Üstün
Onur Belgesi