ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sare YURDAKUL

YILANKALE-MİSİS (CEYHAN-ADANA) YÖRESİ KİREÇTAŞLARININ HAMMADDE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2010

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YILANKALE-MİSİS (CEYHAN-ADANA) YÖRESİ KİREÇTAŞLARININ HAMMADDE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Sare YURDAKUL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 27/04//2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından ~~Oyçokluğu~~/Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

……	……	……..
Prof. Dr. Mesut ANIL	Doç. Dr. Suphi URAL	Doç. Dr. Ahmet M. KILIÇ
Üye	Üye	Üye
……..	……	
Doç. Dr. H. Murat ARSLAN	Doç. Dr. Özen KILIÇ	
Üye	Danışman	

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

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YILANKALE-MİSİS (CEYHAN-ADANA) YÖRESİ KİREÇTAŞLARININ HAMMADDE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Sare YURDAKUL

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Doç. Dr. Özen KILIÇ
Yıl: 2010, Sayfa: 78
Jüri: Prof. Dr. Mesut ANIL
Doç. Dr. Suphi URAL
Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Doç. Dr. H. Murat ARSLAN
Doç. Dr. Özen KILIÇ

Bu çalışmada, Yılankale-Misis yöresinden kireçtaşı örnekleri alınmış ve deneyler yapılmıştır. Deneylerde, örneklerin kimyasal, petrografik, mineralojik, geometrik, fizikomekanik ve termal (ısıl) özellikleri belirlenmiştir.

Analiz sonuçları kireçtaşlarının >%97 $CaCO_3$ içerdiğini, safsızlıkların (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3) oldukça düşük olduğunu, petrografik incelemelere göre ince kristalli olduğunu, birim hacım ağırlığının 2,55 g/cm^3'ten büyük, tek eksenli basma dayanımının >50 MPa, Los Angeles aşınma deneyi aşınma kaybı değerlerinin <%30, geometrik özelliklerinin standartlarda verilen değerlere ve kalsinasyon şartlarına uygun olduğunu göstermektedir. Deney sonuçları Yılankale kireçtaşlarının agrega, kireç, cam ve refrakter üretimi için kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yılankale-Misis, Kireçtaşı, Agrega, Kireç, XRD

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF RAW MATERIAL PROPERTIES OF YILANKALE-MİSİS (CEYHAN-ADANA) REGION LIMESTONES

Sare YURDAKUL

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

Supervisor:Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ
Year: 2010, Page: 78
Jury: Prof. Dr. Mesut ANIL
Assoc. Prof. Dr. Suphi URAL
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ
Assoc. Prof. Dr. H. Murat ARSLAN
Assoc. Prof. Dr. Özen KILIÇ

In this study, the limestone samples were taken from Yılankale-Misis region and experiments were performed. The chemical, petrographical, mineralogical, geomethrical, physico-mechanical and thermal properties of the samples were determined from the experiments.

The results of the analysis have showed that limestones contain >%97 $CaCO_3$, low impurities (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3), fine crystal structure according to petrographical analysis, unit volume weight higher than 2,55 g/cm^3, compressive strength >50 MPa, lower than %30 loss of wear result for Los Angeles Abrassive Test, geometric properties to comply with standards and comply with the conditions of the calcination. Test results show that Yılankale limestones could be used for aggregate, lime, glass and refractory material production.

Key Words: Yılankale-Misis, Limestone, Aggregate, Lime, XRD

TEŞEKKÜR

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

Yüksek Lisansımın ders aşamasında beni yönlendiren hocam Sayın Ümit ÖZER'e, deneysel çalışmalarımda, yardımlarını esirgemeyen, Sayın Arş. Gör. Ahmet TEYMEN'e, ince kesitlerimin petrografik tanımlamasını yapan Sayın Prof. Dr. Cengiz YETİŞ'e ve araştırmalarımı ve agrega deneylerini yaptığım Canoğulları İnş. Taah. San. ve Tic. Şti. yetkililerine tezin her aşamasında yardımcı olan arkadaşlarım Maden Mühendisleri Sayın Çağatay TURAN ve Sayın Esra EKEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman bana en büyük manevi desteği vererek hiçbir yardımı esirgemeyen eşime, aileme ve emeği geçen tüm sevdiklerime saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. KİREÇTAŞI 5
3.1. Kireçtaşındaki Safsızlıklar 9
3.2. Kireçtaşının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 9
3.2.1. Fiziksel Özellikler 9
3.2.2. Kimyasal Özellikler 10
3.3. Kireçtaşının Kullanım Alanları 11
3.3.1. İnşaat ve Yapı 11
3.3.1.1. Beton Agregası, Yol Agregası ve Demiryolu Balast Agregası Olarak Kullanım 13
3.3.1.2. Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanımı 17
3.3.1.3. Çimento 17
3.3.2. Kireç Üretimi 18
3.3.3. Metalürji 19
3.3.4. Cam Endüstrisi 20
3.3.5. Çevre 21
3.3.6. Kağıt Sanayi 22
3.3.7. Tarım 23
3.3.8. Boya Sanayi 23
3.3.9. Şeker Sanayi 23
3.3.10. Kimya Sanayi 23
3.3.11. İlaç Sanayi 24

3.3.12. Kömür Ocaklarında Kullanım 24
3.3.13. Diğer Endüstriyel Kullanım Alanları 24
3.4. Türkiye Kireçtaşı Potansiyeli 24
4. MATERYAL VE METOD 27
4.1. Materyal 27
4.2. Metod 32
4.2.1. Kimyasal Analiz 33
4.2.2. Petrografik Analiz 33
4.2.3. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz 34
4.2.4. Fiziksel Özellikler 34
4.2.4.1. Birim Hacim Ağırlık 34
4.2.4.2. Su Emme Oranı 35
4.2.4.3. Görünür Porozite 35
4.2.5. Geometrik Özellikler 36
4.2.5.1. Agrega Tane Sınıflarının Belirlenmesi 36
4.2.5.2. Tane Büyüklüğü Dağılımı (Gradasyon) ve Çok İnce Malzeme İçeriği 37
4.2.5.3. İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi 38
4.2.5.4. Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi 39
4.2.5.5. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı 40
4.2.6. Mekanik Özellikler 41
4.2.6.1. Tek Eksenli Basma Dayanımı 42
4.2.6.2. Nokta Yük Dayanımı 42
4.2.6.3. İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci 45
4.2.6.4. İri Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci 44
4.2.6.5. Darbe Dayanımı 45
4.2.6.6. Eğilme Dayanımı 47
4.2.6.7. Aşınma (Böhme) Dayanımı 48
4.2.7. Diğer Özellikler 49
4.2.7.1. Donma ve Çözülmeye Karşı Direnç Tayini 49
4.2.7.2. Gevşek Yığın Yoğunluğu Tayini 49

4.2.7.3. Isıl Şoka Karşı Direnç 50
4.2.7.4. Asitte Çözünebilen Sülfat Tayini 50
4.2.7.5. Suda Çözünebilir Klorür Tayini 51
4.2.7.6. Organik Madde Tayini 51
4.2.7.7. Alkali Agrega Reaktivitesi 52
4.2.7.8. Toplam Kükürt Muhtevası 52
4.2.8. Kalsinasyon Çalışmaları 53
5. ARAŞTIRMA BULGULARI 55
5.1. Kimyasal Analiz 56
5.2. Petrografik İnceleme 56
5.3. Kalitatif Mineralojik Analiz 57
5.4. Fiziksel Özellikler 57
5.5. Geometrik Özellikler 58
5.5.1. Agrega Tane Sınıfları 59
5.5.2. Tane Büyüklüğü Dağılımı ve Çok İnce Malzeme İçeriği 60
5.5.3. İnce Malzemenin Kalitesi, Metilen Mavisi Deneyi 61
5.5.4. Tane Şekli Tayini-Yassılık Endeksi 62
5.5.5. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranları 63
5.6. Mekanik Özellikler 64
5.7. Diğer Özellikler 66
5.7.1. İri Agregaların Donma ve Çözülme Etkisine Karşı Direnci 66
5.7.2. Gevşek Yığın Yoğunluğu 66
5.7.3. Alkali Silika Reaktifliği 67
5.7.4. Isıl Şoka Karşı Direnç 68
5.7.5. Asitte Çözünebilen Sülfat Tayini 68
5.7.6. Suda Çözünebilir Klorür Tayini 68
5.7.7. Organik Madde Tayini 68
5.7.8. Toplam Kükürt 68
5.8. Kalsinasyon Çalışmaları 68
6. SONUÇLAR 71
KAYNAKLAR 74

ÖZGEÇMİŞ 78

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 3.1. Kalsiyum karbonat içeriğine göre sınıflama 7
Çizelge 3.2. Saflıklarına göre kalkerler 8
Çizelge 3.3. Kireçtaşının yapısına göre sınıflandırılması 8
Çizelge 3.4. Ürünün tane boyutuna göre kireçtaşlarının kullanım alanları ve aranan teknolojik özellikler 12
Çizelge 3.5. Adana İli'ndeki bir beton üretim tesisinin beton agregaları için sınır değerleri 16
Çizelge 3.6. Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri 17
Çizelge 3.7. Baca gazı arıtımında kullanılan kireçtaşlarının teknik özellikleri 22
Çizelge 3.8. Türkiye'deki kalker oluşumlarının bölgelere dağılımı 25
Çizelge 4.1. Normal agregalar için deney numunelerinin kütlesi 36
Çizelge 4.2. Agrega tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları 37
Çizelge 4.3. Demiryolu balastları için agregalarda tane sınıfı kategorisi 38
Çizelge 4.4. Tane büyüklüğü dağılımı için genel şartlar 38
Çizelge 4.5. Silindirik çubuklu elekler 40
Çizelge 5.1. Kireçtaşlarının kimyasal analiz sonuçları 56
Çizelge 5.2. Kireçtaşlarının fiziksel özellikleri 58
Çizelge 5.3. Agrega tane sınıfları 59
Çizelge 5.4. Beton agrega numunelerinin tane büyüklüğü dağılımı tayini 60
Çizelge 5.5. TS EN 13043 agrega numunelerinin tane büyüklüğü dağılımı 61
Çizelge 5.6. Kireçtaşlarının TS 7043 EN 13453 demiryolu balastları için agregalarının tane büyüklüğü dağılımı 62
Çizelge 5.7. Kireçtaşı agrega numunelerinin metilen mavisi değeri 62
Çizelge 5.8. Agrega numunelerinin tane boyutlarına göre yassılık endeksi 63
Çizelge 5.9. Alınan numunelerin tane yoğunlukları ve su emme değerleri 62
Çizelge 5.10. Kireçtaşlarının mekanik özellikleri 64
Çizelge 5.11. Agregaların gevşek yığın yoğunlukları 66

Çizelge 5.12. Kalsinasyon analizi 69

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 3.1. Kireçtaşı işletmelerinin bölgelere dağılımı 22
Şekil 4.1. Yılankale-Misis (Kokar Tepe) kireçtaşlarının genel görüntüsü 27
Şekil 4.2. Yılankale-Misis (Kokar Tepe) kireçtaşlarının saha görüntüsü..... 28
Şekil 4.3. Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının ocak görünümü 28
Şekil 4.4. Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının sahada görünümü 29
Şekil 4.5. Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının sahada görünümü 29
Şekil 4.6. Araziden alınan örneklerin görünümü 30
Şekil 4.7. Bölgenin jeoloji haritası 31
Şekil 4.8. Basınç mukavemeti deneyi için kullanılan ekipman 43
Şekil 4.9. Nokta yük deneyi 43
Şekil 4.10. Los Angeles deney makinesi 44
Şekil 4.11. Mikro-deval katsayısı deneyi için kullanılan deney cihazı 45
Şekil 4.12. Darbe dayanımı deneyi..... 46
Şekil 4.13. Eğilme dayanımı deneyi..... 47
Şekil 4.14. Sürtünme ile aşınma kaybı (böhme) deneyi 48
Şekil 5.1. Kireçtaşı ince kesit görüntüsü..... 57
Şekil 5.2. Kireçtaşına ait x-ışını difraktometre analiz sonucu 58
Şekil 5.3. Agrega tane boyutları..... 59
Şekil 5.4. İnce ve iri agrega tane boyutları 60
Şekil 5.5. 40x40x40 mm ebatlarındaki küplerin görünümü 65
Şekil 5.6. 71x71x71 mm ebatlarındaki küplerin görünümü 65
Şekil 5.7. Alkali-silika reaktifliği..... 67

1. GİRİŞ

Kireçtaşı çok eski çağlardan beri kullanıldığı bilinen ve daha uzun yıllar kullanılacak, inşaat sektöründen tarım sektörüne birçok sektörde yaygın kullanım alanına sahip, çok önemli bir tortul kayaçtır.

Kimyasal bileşiminde asgari %90 kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) bulunan tortul kayaçlara kalker ya da kireçtaşı adı verilmektedir. Ayrıca mineralojik bileşiminde asgari %90 kalsit minerali bulunan kayaçlara da kalker adı verilmektedir.

Doğada bol miktarda bulunan kireçtaşı, karbonatlı tortul kayaç ve fosiller için kullanılan genel bir deyim olup, yapısında prensip olarak kalsiyum karbonat veya kalsiyum karbonat/magnezyum karbonat bileşikleri ($CaCO_3/MgCO_3$) kombine halde bulunur. Bunun yanı sıra içinde değişik oranlarda demir, alüminyum, silisyum, kükürt gibi safsızlıklara da rastlanabilir. Dünya'da çok çeşitli formasyon ve tiplerde kireçtaşı mevcuttur. Bunlar orijin, jeolojik formasyon, mineralojik yapı, kristal yapısı, kimyasal bileşim, renk ve sertlik özelliklerine göre gruplandırılır (örneğin tebeşir, marn, traverten gibi). İçindeki $MgCO_3$ miktarının %20-40 arasında olması durumunda ise kireçtaşı, rhombohedral yapıdaki dolomit ($CaMg(CO_3)_2$) adını alır.

Kalker, saf halde kalsit ve çok az miktarda aragonit kristallerinden oluşur. Kalsit ve aragonit kalsiyum karbonatın iki ayrı kristal şekli olup teorik olarak %56 CaO ve %44 CO_2 ihtiva eder. Ancak tabiatta hiçbir zaman saf olarak bulunmaz. İkinci derecede değişik madde ve bileşiklerin içinde yer alması nedeniyle orjinal halde sarı, kahverengi ve siyah renklerde görülebilmektedir. Kalkerin sertlik derecesi 3, özgül ağırlığı 2,5-2,7 g/cm^3 arasındadır. Bu özellikleri itibarı ile kimyasal değişmeye, kırılmaya ve yontulmaya çok elverişlidirler (DPT, 2001).

Kireçtaşı kullanım alanları; kireç, çimento, inşaat, mermer, cam, kimya, kağıt, plastik, kauçuk, şeker endüstrileri ile metalürji, refrakter malzeme olarak verilebilir. Türkiye'de özellikle son yıllarda nüfus artışına paralel olarak inşaat sektörünün hız kazanması ile kireçtaşı kullanımında büyük bir artış görülmektedir. Kireçtaşlarının maden kanunu kapsamına alınması ile ocaklar kontrol altına alınarak daha bilinçli üretim yapılmaya başlanmıştır.

Yapılan tez çalışması kapsamında, Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının hammadde özelliklerinin belirlenmesi amacıyla sahadan alınan örneklerin kimyasal, mineralojik, ısıl (termal) TG analizleri, kalsinasyon deneyleri, geometrik ve fiziko-mekanik özellikleri (elek analizi, ince malzeme muhtevası, yassılık, birim hacim ağırlık, tek eksenli basma dayanımı, nokta yük, Los Angeles aşınma, vb.) özellikleri araştırılmış ve bulunan özellikler doğrultusunda kireçtaşlarının kullanım alanları belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Schmidth (1961), Adana'da yaptığı stratigrafik adlandırmada, Misis grubunu Üst Eosen-Oligosen yaşında kabul etmiştir. Bu birimi, klastik sedimanter kayaçların hakim olduğu; Karataş klastik fasiyesi ve genellikle volkaniklerden oluşan yabancı blokları içeren karışık litolojik ünite; İsalı "Katastrofik" fasiyesi olarak ikiye ayırmıştır.

Schiettecatte (1971), Misis Dağları'nın jeolojisini incelemiştir. Oligosen Miyosen yaşlı Misis Grubunu; Karataş formasyonu ve İsalı formasyonu olarak ayırmıştır ve fosil bulgularını incelemiştir.

Bilgin ve ark. (1981) yaptıkları çalışma ile Ceyhan, Karataş, Yumurtalık, Osmaniye, Haruniye, Kadirli dolayının jeolojisini incelemişlerdir.

Kozlu (1987), Misis-Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimini incelediği çalışmasında Üst Eosen-Oligosen yaşlı Misis-Andırın As Baseni ve Miyosen yaşlı istiflerini incelemiştir. Yılankale-Misis (Kokar Tepe) kireçtaşlarının bölgede özellikle Misis-Nur Dağı'nda yüzlek veren Bulgurkaya Olistostromu (Tbul) içerisinde yer aldığını belirlemiştir.

Ayhan ve ark. (1988), Kozan, Ceyhan, İmamoğlu arası ve çevresinde detaylı bir jeolojik çalışma yapmışlardır. İnceleme alanındaki kaya türlerini Toros Doğu jeolojik otokton kayaları, allokton kayalar, Misis grubu kayaları, örtü birimleri ve genç karasal birimler olmak üzere beş grupta toplamışlardır. 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli haritalar hazırlamışlar, genelleştirilmiş stratigrafik kesitini çıkarmışlardır. Formasyon ve birimlerin fosil kapsamları, kaya türlerinin mineralojik ve sedimantolojik özelliklerini araştırıp, açıklık getirmişlerdir. Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimlerin karasal, diğerlerinin denizel kökenli olduğunu saptamışlardır.

Kırıkoğlu (1996)'da yapmış olduğu çalışmada endüstriyel kullanım açısından karbonat kayaçlarını değerlendirmiştir.

Özpınar ve ark. (2001)'de yaptıkları çalışmada, Kocabaş (Denizli) travertenlerinin jeolojik incelemesini yapmışlar ve fiziko-mekanik özelliklerini belirlemişlerdir. Bu amaçla fiziko-mekanik deneyler, agrega deneyleri ve beton karışım hesaplamaları yapmışlardır.

Yakut (2001)'de yapmış olduğu çalışmada İzmir İli çevresindeki kireçtaşlarının mühendislik özellikleri ve kullanım alanlarını araştırmış ve bu kireçtaşlarının uzun yıllar bölge ihtiyacını karşılayabilecek potansiyelde olduğunu belirlemiştir.

Yaşar ve Erdoğan (2002)'de yapmış oldukları Adana ve yöresinde inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan 6 farklı yapı ve kaplama kayacı üzerinde yapılan Schmidt ve Shore sertlik değerleri ile fizikomekanik özellikleri arasında istatistiksel ilişkileri tespit etmişlerdir.

Laçinbala (2004)'de yaptığı yüksek lisans çalışmasında, Ceyhan Beji'ni incelemiş, incelediği örneklerin fiziko-mekanik özelliklerinin standartlara uygun olduğunu, açık bej, pembe bej ve koyu bej renk karışımıyla renk ve desen durumunun iyi olduğunu doğal yapı ve kaplama taşı olarak kullanılabileceğini belirtmiştir.

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

Yetiş ve ark. (2006)'da yaptıkları çalışmalarında, Değirmenci Uşağı (Kozan) dolaylarında karbonatların mermer olarak değerlendirilmesini incelemişler ve mermerlerin sertlik, renk, gözeneklilik, su emme oranı, özgül ağırlık, yüzey parlaklığı, kesilmeye ve aşınmaya karşı direnç gibi özelliklerini belirlemişlerdir.

Akın (2007), Kokar Pınar Kaynağı (Ceyhan-Adana)'nın hidrojeokimyasal değerlendirmesini yapmış ve kaynağın Piper diyagramına göre kalsiyum karbonatlı ve magnezyum karbonatlı sular sınıfına girdiğini belirlemiştir.

Baskın (2009), Yılankale (Ceyhan) taş ocaklarını maden ocakları açılmadan önce alınması gereken izinler açısından incelemiş ve madencilerin işletmeye geçmeden önce hangi izinleri almaları gerektiğini ve hazırladıkları raporların hangi ölçütlere göre değerlendirileceğini belirtmiştir.

3. KİREÇTAŞI

Kimyasal bileşiminde en az %90 $CaCO_3$ (kalsiyum karbonat) içeren kayaçlara kalker ya da kireçtaşı adı verilmektedir. Ayrıca, kireçtaşı terimi, kimyasal bileşiminde %90'a kadar $CaCO_3$, minerolojik bileşiminde ise %90'a kadar kalsit içeren kayaçlar için de yerbilimciler tarafından kullanılmaktadır (DPT, 2001). Kireçtaşı kimyasal ve organik etkilerle akarsularda çöken maddelerin oluşturduğu bir kayaçtır. Bütün jeologlar kireçtaşının safsızlıklar hariç, kalsit, aragonit, dolomit ve manyezit gibi dört ana mineralden oluştuğunu belirtmektedir (Boynton, 1980; Önem, 1997). Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) maden yatağını oluşturan tüm mineraller kristallendikten sonra kristallenmektedir (Grout, 1932; Betechtin, 1957).

Kalker saf halde kalsit ve çok az miktarda aragonit kristallerinden oluşur. Kalsit ve aragonit kalsiyum karbonatın iki ayrı kristal şekli olup, teorik olarak %56 CaO ve %44 CO_2 içerir. Ancak doğada hiçbir zaman saf olarak bulunmaz. İkincil derecede değişik madde ve bileşiklerin içinde yer alması nedeniyle orjinal halde sarı renkli olup, kahverengi ve siyah renklerde de görülebilmektedir. Yeraltı sularında travertenler şeklinde, deniz ya da tatlı sularda ise kimyasal, organik veya mekanik çökelme sonucu kalker yatakları oluşur. Oluşum süreçlerinden de anlaşılacağı üzere kalker iki ana grupta toplanabilmektedir. Organik ve kimyasal kireçtaşları otokton, klastik kireçtaşları ise allokton olarak kabul edilmektedir. Yaygın olarak oluşan kireçtaşlarının çoğu organik, detritik ve kimyasal materyaller ihtiva etmektedir (DPT, 2001).

Kalsit (hegzagonal $CaCO_3$) ve aragonit (ortorombik $CaCO_3$) kristallerinin her ikisi de genç kireçtaşı oluşumlarında yer alabilmektedir. Aragonit kristallerinin kalsit kristallerine daha kolay dönüşebilmesi nedeniyle eski kireçtaşı oluşumlarında aragonit kristalleri bulmak güçtür.

Kalkerler hangi yolla oluşurlarsa oluşsunlar, doğada bulundukları durumları ile bileşimlerinde kalsiyumkarbonatın yanı sıra; mağnezyum karbonat, kil mineralleri, demir silikat-oksit ve sülfürleri, silikat asidi (SiO_2) gibi bileşikler içerirler. Bu bileşiklerin bir kısmı kalker oluşumu esnasında ve oluşum ortamının koşullarına bağlı olarak gelebildiği gibi diyajenez esnasında ve etkenleri ile de

gelebilir. Bu durumda kökene bağlı olarak içerdikleri primer safsızlıkları oluştururlar.

Kalker oluşumunun tamamlanmasından sonra gelen safsızlıklar ise daha çok orojenik-epirojenik hareketler metamorfizma, tektonizma, metazomatik ve atmosferik olaylar ile oluşan sekonder safsızlıklar olmaktadır. Bütün bu safsızlıklar ile gerek minerolojik gerekse kimyasal bileşim açısından görülen değişiklikler yanında yapı ve dokularına ilişkin kalkerlerin gösterdikleri ayrıcalıklar niteliklerini oluşturur. İçerdikleri maddelere göre oluşan kalkerlerin nitelikleri esas alınıp pek çok sınıflamalar yapılarak verilen adlandırmalarla çeşitlere ayrılmıştır. Kireçtaşı oluştuğu bölgeye, kimyasal bileşimine, yapısına ve jeolojik oluşumuna göre sınıflandırılabilmektedir. Kireçtaşı, kimyasal bileşimi esas alınarak şu şekilde sınıflandırılmaktadır (Boynton, 1980):

- Kalsiyum içeriği yüksek kireçtaşı: Yüksek oranda kalsiyum karbonat ile %5'den daha az magnezyum karbonat içermektedir.
- Magnezyum içeriği yüksek kireçtaşı: Kalsiyum karbonatın yanısıra %5-20 kadar da magnezyum karbonat içermektedir.

Diğer kireçtaşı türlerinin Avrupa'da ve Amerika'da benimsenmiş olan tanımlamaları şunlardır (Boynton, 1980; Othmer, 1978; Kraus ve ark., 1959; Grout, 1932):

- 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.
- Çimentotaşı: Safsızlık olarak kil içeren kireçtaşıdır ve portlant çimentosu üretimi için uygun oranda SiO_2, Al_2O_3 ve $CaCO_3$ içermektedir.
- Tebeşir: Rengi, sertliği ve saflığı büyük ölçüde değişebilen tebeşir, kalsiyum karbonatın yumuşak ve fosil içeren bir türüdür. Tane boyutu çok küçük olduğundan biçimsiz görülmektedir. Gözenekli bir yapıya ve çok büyük yüzey alanına sahiptir.

- Demirli kireçtaşı: Yapısında safsızlık olarak oldukça fazla miktarda demir içeren sarı veya kırmızı renkte kireçtaşıdır.
- Eritme taşı: Bu kireçtaşı en saf türlerden biridir. Metalurjik süreçlerde eritme taşı olarak kullanılmakta ve en az %95 oranında kalsiyum karbonat içermektedir.
- İzlanda sparı: En saf kireçtaşı türüdür; hemen hemen tamamı kalsiyum karbonattır (%99,9). Optik cisimlerin yapımında kullanılmakta ve nadiren rastlanmaktadır.
- Fosforlu kireçtaşı: %5'e kadar fosfor içeren, kalsiyum yüzdesi yüksek bir kireçtaşı türüdür. Kökeni ise deniz organizmalarıdır.
- Marn: SiO_2 ve kil içeren kalkerlere verilen marn ismi aynı zamanda göllerdeki ve bataklıklardaki kil içermeyen, buna rağmen toprak ve kil içeren tortullar için de kullanılmaktadır. Marn deniz organizmalarının oluşturduğu karbonat içeren bir kireçtaşı türüdür. Gevşek kristal yapısına çeşitli oranlarda karışmış olan kil ve kum içermektedir; yumuşaktır.
- Traverten: Gözenekli bir yapısı vardır, kısmen mikroskopik organizmalar tarafından oluşturulmaktadır. Doğal ve sıcak mineral kaynak sularındaki kalsiyum karbonatın çökelmesi ile oluşan traverten, mermer gibi kullanılmaktadır.

Karbonat kayaçların sınıflamasında en çok Folk (1962) ve Dunham (1962) sınıflamaları kullanılmaktadır. Kireçtaşlarının kalsiyum karbonat içeriğine göre sınıflandırılması Çizelge 3.1'de, saflıklarına göre kalker sınıflaması ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kalsiyum karbonat içeriğine göre sınıflama (DPT, 2001)

Kayaç Adı	Bileşimi
Çok yüksek kalsiyumlu kireçtaşı	En az %97 $CaCO_3$
Yüksek kalsiyumlu kireçtaşı	En az %95 $CaCO_3$
Yüksek karbonatlı kireçtaşı	En az %95 $CaCO_3$+$MgCO_3$
Kalsitik kireçtaşı	%5 $MgCO_3$
Magnezyum kireçtaşı	%5-20 $MgCO_3$
Dolomitik kireçtaşı	%20-40 $MgCO_3$
Yüksek magnezyumlu dolomit	%40-46 $MgCO_3$

Kireçtaşının bir sınıflama yöntemi de ortalama tane büyüklüğünün ölçü olarak alınmasıdır. Buna göre;

- Mikro taneli kireçtaşı: ebat 4 mikron'dan küçük
- İnce taneli kireçtaşı: ebat 4-50 mikron
- Orta büyüklükte kireçtaşı: ebat 50-250 mikron
- İri taneli kireçtaşı: ebat 250 mikron'dan büyük

Çizelge 3.2. Saflıklarına göre kalkerler (DPT, 1996)

Adlandırma	$CaCO_3$ (%)	CaO (%)
Çok fazla saf kalkerler	98,5	55,2
Çok saf kalkerler	97-98,5	54,3-55,2
Orta saf kalkerler	93,5-97,5	52,4-54,3
Az saf kalkerler	85-93,5	47,6-52,4
Saf olmayan kalkerler	85	47,6

Bunun dışında kireçtaşının tekstür yapısını, ana safsızlık oranlarını (karbonlu, demirli vb.) mikro yapısını baz alan sınıflama yöntemleri de vardır. Yapısına göre kireçtaşları Çizelge 3.3'deki gibi sınıflanabilmektedir (DPT, 1996).

Çizelge 3.3. Kireçtaşının yapısına göre sınıflandırılması

Yüksek Kalsiyumlu	$CaCO_3$oranı % 95 den fazla, $MgCO_3$ oranı %2-5 arasındadır.
Tebeşir	%98-99 $CaCO_3$ ihtiva eder. %20 safsızlık içeren gri renkte olanları da vardır.
Mermer	Çok sert dokulu metamorfik yapılı $CaCO_3$
Metalurjik	Metalurjide kullanılan yüksek saflıktaki $CaCO_3$
Camlık Kireçtaşı	Yüksek saflıkta kalsitik ve dolomitik yapıda olup demir oranı çok düşüktür.
Fosfatik	Fosfor oranı %5
Magnezyumlu	$MgCO_3$ Oranı % 5-20 arasındadır.
Dolomitik	$CaCO_3$: %54-58 $MgCO_3$: %40-46 arasındadır. Bununla beraber $MgCO_3$ oranı %20 den fazla olan her kireçtaşı dolomitik kabul edilir.
Çimentoluk	Si, Al ve $CaCO_3$ oranları portland çimento yapımı için idealdir.
Traverten	Sıcak su kaynaklarındaki çökelmelerle oluşur, sert bir yapıya sahiptir.
Marl	Yumuşak, kirlilik oranı yüksektir. Bazı tipleri $CaCO_3$'den fazla Si ve Al içerir.
Bitümlü Kireçtaşı	Yapısında organik maddeler, doğal asfalt ve petrol bulunur.
Koralli Kireçtaşı	Yapısında yoğun koral fosil bulunur.

3.1. Kireçtaşındaki Safsızlıklar

Safsızlıkların kireçtaşına nüfüzü; karbonat çökelmesi sırasında karbonat olmayan maddelerin bünyeye inklüzyonu, karbonat oluşumunu sekteye uğratan heterojen dağılımlı ve toprak orjinli tabakalaşmalar, akarsularla taşınan süspansiyonların (kil ve şist) ve çözülmüş elementlerin (Mg, Al, Si, Fe, Pb, F ve diğer ağır metaller) kireç yatağındaki çatlaklardan içeri girmesi ile olur. Bu safsızlıkların kullanım alanına bağlı olarak sınır değerde olması gerekmektedir.

3.2. Kireçtaşının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

3.2.1. Fiziksel Özellikler

Molekül Ağırlığı: $CaCO_3$:100,09 gr, $MgCO_3$:84,32 g

Renk: Kireçtaşının rengi, içinde ihtiva ettiği safsızlıklar için bir ölçüdür. Beyaz renk yüksek derecede saflığın, gri tonları karbon kaynaklı safsızlık ve/veya demir sülfitlerin varlığını, kahverengi, yeşil, açık sarı ve kırmızı renkler demirve mangan muhtevasının işaretidir. Pembe renk ise dolomitik yapı belirtisidir.

Tekstür ve Kristal Yapısı: Tüm kireçtaşı tipleri kristal yapıda olup ebat, homojenlik ve düzen durumuna göre yoğunluk ve sertlik değerlerinde kendi aralarında farklılıklar gösterirler.

Porozite ve su emme kabiliyeti: kireçtaşı %0,1-3, mermer %0,1-2, tebeşir %15-40, dolomit %1-10 arasında bir gözenekliliğe sahiptir. Gözenek ve organik madde oranına bağlı olan su emme kabiliyeti ise yoğunluğu yüksek bir kireçtaşı için %0,4 civarındadır.

Özgül Ağırlık: Oda sıcaklığında kalsitin özgül ağırlığı 2,72 g/cm^3, aragonitin 2,94 g/cm^3, dolomitin 2,86 g/cm^3'tür.

Görünür Yoğunluk: Gözenek oranına ve gözeneklerdeki su miktarına bağlı olarak değişen görünür yoğunluk, 110 ºC'de kurutulmuş tipik bir kireçtaşı için 1,5-2,3 g/cm^3 arasında değişir.

Yığın Yoğunluğu: Öğütülüp elenen kireçtaşının birim hacimdeki ağırlığıdır. Yığın yoğunluk, görünür yoğunluğa, ebat dağılımına, tanecik şekline ve nem oranına bağlıdır. Görünür yoğunluğu 2,7 g/cm^3, ebatları arasındaki oran 1,2 olan kireçtaşının yığın yoğunluğu 1,40-1,45 g/cm^3 civarındadır. Malzeme inceldikçe %25'lere varan artış görülür (Kırıkoğlu, 1996; Temur, 2001).

Sertlik: Kireçtaşının sertliği genellikle 2-4 Mohs arasında değişir.

Mukavemet: Mermer ve traverten oluşumları çok yüksek mukavemet değerine sahipken tebeşir ve marnın mukavemet değerleri çok düşüktür.

Isı İletkenliği: Gözenek durumuna ve yapıya bağlı ısı iletkenliği sıcaklık arttıkça azalır. Kireçtaşında 130 ºC'de ölçülen değer 0.0039cal.cm/cm^{2}s.ºC'dir.

Isı Genleşme Katsayısı: 0,00001-0,000035 1 ºC (100-150 ºC için)

Erime Noktası: Tüm kireç taşları erimeden önce oksitlerine dönüşürler. CaO'nun erime noktası 2800 ºC, MgO'nun erime noktası 2570 ºC'dir (Lokman, 2000).

3.2.2. Kimyasal Özellikler

Karbonatlar kimyasal olarak oksit ve hidroksitler kadar aktif olmadıklarından fiziksel özellikleri daha önemlidir.

Kimyasal Stabilite: Kalsitik ve dolomitik kireçtaşları kimyasal olarak en kararlı maddeler arasındadır. 600 ºC'ye kadar kesinlikle ayrışmazlar ve CO_2 ihtiva etmeyen sulardan asla etkilenmezler. Kireçtaşı daha yüksek sıcaklıklarda ayrışarak kalsiyum okside dönüşür (kalsinasyon). Kuvvetli asitler kireçtaşlarına etki eder.

Karbondioksitle reaksiyon: Kireçtaşının çözünme oranı karbondioksitli sularda artar. Kireçtaşı, dönüşümlü bir reaksiyonla kalsiyum bikarbonata dönüşür.

pH değeri: Kalsitik kireçtaşlarının sudaki pH değerinin 8-9 olmasına karşın dolomitin pH değeri 9-9,2 arasındadır.

Asitlerle Reaksiyon: Kireçtaşı genellikle tüm kuvvetli asitlerle CO_2 çıkartarak reaksiyona girer bu nedenle asit nötralizasyonunda kullanılır.

Termal Dekompozisyon: Kireçtaşının en önemli özelliğidir. Bütün karbonatlı kayaçlar yüksek sıcaklıklarda CO_2 gazı vererek oksitlerine dönüşürler (kalsinasyon).

3.3. Kireçtaşının Kullanım Alanları

Günümüzde kireçtaşları, inşaat sanayinde çimento ve kireç hammaddesi, yapıtaşı ve kırma taş olarak, seramik ve tuğla yapımında, metalurjide, tarım alanlarında ve gübre yapımında, cam, kağıt, kimya sanayinde, şeker endüstrisinde, matbaacılıkta, eczacılıkta, kömür tozu alevlerinin söndürülmesinde, asit yağmurlarının nötrleştirilmesi gibi özelliği ile çevre problemlerinin çözülmesinde, meyve suları, içki, yağ ve oto lastiği üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Önem, 1997; Yakut, 2001). Kireçtaşlarının kullanım alanları ocaktan çıkan malzemenin tane boyutuna göre belirlenmektedir (Çizelge 3.4).

3.3.1. İnşaat ve Yapı

Birçok ülkede kireçtaşının ana kullanım alanı %40-70 oranıyla inşaat ve yapı sektörüdür. Kireçtaşı bu sektörde beton harcında agrega (mıcır) olarak ve yol yapımında agrega/dolgu maddesi olarak kullanılır. Bu amaçla kullanılacak olan kireçtaşı; temiz, kuru, kübik formda, yüksek aşınma mukavemetine ve sertliğe sahip olmalıdır. Daha ince (0,075 mm-5 mm) gradasyonlu bazı kireçtaşı (kalker) kumları ise, beton ve inşaat harcına katılır. C20 Beton dizaynında kullanılan hammadde miktarları ise agrega 1850 kg, çimento 300 kg, kimyasal katkı 3 kg, mineral katkı 50 kg olacak şekildedir (DPT, 2008).

İnşaat ve yapı endüstrisinde kullanılan yıllık mıcır miktarı, dünyada yaklaşık 1,5 milyar ton/yıl; Türkiye'de ise yaklaşık 180 milyon ton/yıl civarındadır. Bu değer, Türkiye'deki toplam kireçtaşı üretiminin %74'üne karşılık gelmektedir (DPT, 2001).

Günümüzde kireçtaşı, inşaat sektörünün olmazsa olmaz hammaddelerinden biridir. İnsanların ihtiyacını karşılayacak bina, yol, metro, köprü ve benzeri yapım çalışmalarında en önemli öğe ekonomik ve emniyetli yapı malzemelerinin kullanılmasıdır ve bu nedenle kireçtaşları inşaat sektörü için vazgeçilmez bir hammadde olmaktadır. Nüfus artışına paralel olarak bina ve yol yapımı gibi çalışmalar hız kazanmış ve dolayısıyla kireçtaşına talep artmıştır.

Çizelge 3.4. Ürünün tane boyutuna göre kireçtaşlarının kullanım alanları ve aranan teknolojik özellikler (Temur, 2001)

Tane	Kullanım Alanı	Teknolojik Özellikleri
>1 m	Kesilmiş ve parlatılmış taş (mermer)	Kusursuz büyük bloklar, beyaz veya tercih edilen renk ve desenler, düşük porozite, donma-çözülmeye karşı direnç
>30 cm	Yapı taşı	Kalın tabakalı, çatlaksız düşük porozite, donma-çözülmeye karşı direnç, yüksek basınca mukavemet
>30 cm	Temel veya zırh taşı	Basınca karşı yüksek mukavemet, darbelere karşı direnç, yüksek yoğunluk, düşük porozite, donma-çözülmeye karşı direnç, blok verecek kadar kalın tabakalı veya çatlaksız olma
1-30 cm	Kireç üretimi	Kimyasal saflık, kalsinasyonda verimlilik, kırma ve yıkama işlemine uygunluk, yanma karakteristikleri
1-20 cm	Agrega, yol malzemesi, tren yolu balastı, çatı kaplamaları, çimento mozayiği, sıva malzemesi	Kırma sertliği, aşınmaya karşı direnci, parlatma sertliği, çözünen tuz miktarı, çimento içinde alkali reaksiyonları, tane şekli
0,2-5 cm	Kimya sanayi ve cam yapımı	Kimyasal saflık, organik madde miktarı, aşınma sertliği
3-8 mm	Filtrasyon malzemesi	Basınca karşı direnç, kimyasal saflık, su tutma, aşınma sertliği, kabuk oluşturma
3-8 mm	Kümes kumu	Kimyasal saflık, tane şekli
<4 mm	Tarım	Kimyasal saflık, organik madde miktarı
<3 mm	Demir cevheri sinterleme ve peletleme, aşındırma kumu, demir dışı metallerde akışkanlık verici	Kimyasal saflık
<2 mm	Plastik, kauçuk, boya, kağıt, cam macunlarında dolgu maddesi	Kimyasal saflık, beyazlık, ışığı kırma, mürekkep ve boya emme derecesi, pH değeri, kırma-öğütme sertliği
<2 mm	Asfalt dolgusu	Çok ince ve kolay öğütülebilme
<2 mm	Hafif aşındırıcı	Beyaz ve çok açık renk, düşük SiO_2 oranı
<0,2 mm	Perdahlayıcı, parlatıcı, sırlama, haşere ilacı	Kimyasal saflık, açık renk, organik madde miktarı
<0,1 mm	Fabrika bacalarındaki gazların desülfürizasyonu	Kimyasal saflık, yüzey alanı, mikro gözenek
Değişik	Hacim dolgusu	Kullanım amacına bağlı

İnşaat sektöründe kireçtaşları çimento hammaddesi olarak, bina yapımında beton harcı katkı malzemesi olarak, kireç ve sönmüş kireç genellikle harç yapımında ve karo fayans yapımında bağlayıcı madde olarak, yol yapımında bağlayıcı madde ve dolgu malzemesi olarak, demiryolu yapımında ray yatağı malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca, Avrupa'da ve Amerika'da inşaat yapılacak arazinin düzeltilmesinde kireç kullanımı yaygındır (Yakut, 2001).

3.3.1.1. Beton Agregası, Yol Agregası ve Demiryolu Balast Agregası Olarak Kullanım

Agregalar doğal (kum-çakıl, kırmataş) ve yapay (yüksek fırın curufu, genleştirilmiş kil, perlit) olmak üzere iki farklı kökene sahiptir. Yapılarda kullanılan ve taneli malzeme olarak tanımlanan agrega; doğal, yapay veya geri kazanılmış tipte olabilmektedir. Bunlardan doğal agregalar, mekanik işlem dışında herhangi bir işleme tabi tutulmamış olan mineral kaynaklardan elde edilen agregaları, yapay agregalar, ısıl veya diğer uygulamaları içeren bir endüstriyel işlem sonucunda elde edilen mineral kökenli agregaları, geri kazanılmış agregalar ise önceden yapılarda kullanılmış olan inorganik malzemelerin işlemden geçirilmesi sonucunda elde edilen agregaları ifade etmektedir. Ayrıca standartta, iri ve ince agregaların karışımından oluşan agrega, karışık agrega olarak, çoğunluğu 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçen ve yapı malzemelerine belirli özellikler kazandırmak amacıyla ilave edilen malzemeler ise dolgu agregası olarak tanımlanmaktadır.

Birçok ülkede kireçtaşının ana kullanım sahası %40-70 oranıyla inşaat ve yapı sektörüdür. Kireçtaşı bu sektörde beton harcında agrega (mıcır) olarak kullanım alanı bulmaktadır. Ülkelerin beton tüketimi, büyüme hızlarına göre artış göstermektedir. Hazır beton sanayisinin gelişmesi ile de inşaat sektörü hızlı bir ivme kazanarak, daha kaliteli beton üretimine geçilmiştir.

Beton agregası, beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan, doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan (hatta yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi geçmeyen büyüklüklerdeki kırılmamış veya kırılmış tanelerin

oluşturduğu bir yığındır. Beton yapımında kum, çakıl, kırma taş, yüksek fırın cürufu, pişmiş kil, bims, genleştirilmiş perlit ve uçucu külden elde edilen uçucu kül agregası kullanılmaktadır. Agregalar betonun hacminin yaklaşık olarak %70-75'ini oluşturur. Betonda agrega kullanılmasının ekonomik ve teknik özellikler bakımından büyük yararları bulunmaktadır. Çimento, agrega ve su karışımından yapılan betonun, hacim olarak yaklaşık 3/4'ü agrega tarafından oluşturulmaktadır. Betonda kullanılan agreganın dayanıklılığı, gözenekliliği, su geçirgenliği, mineral yapısı, tane şekli, gradasyonu, tanelerin yüzey pürüzlülüğü, en büyük tane boyutu, agregada kil olup olmadığı ve agreganın temizliği gibi birçok özelik beton dayanıklılık türlerinin bir veya daha fazlasını etkilemektedir.

Yol yapım aşamalarında stabilize edilen taban toprağının üzerindeki, bitümsüz/bitümlü tabakaların hepsinde muhtelif ebatlarda agrega kullanıldığı görülmektedir. Alt tabakaya serilen agrega, yolu donmaya karşı korurken genellikle bitümle sertleştirilen üst ve orta tabakalar, yükü alt kısımlara iletmekte kullanılır. Yol inşaatında kullanılacak kireçtaşı agregası kübik formda, temiz, kırılmaya, çarpmaya, aşınmaya, donmaya mukavim olmalıdır. Ayrıca kil, şist, toprak, çözünür tuzlar, alkali tuzlar ve organik madde içermemelidir.

TS 706 EN 12620+A1 (2009) beton agregaları ve TS EN 13043 (2004) yol agregalarında ve standartlarında aranılan özellikler:

a) Geometrik özellikler

- Agrega tane boyutları,
- Tane büyüklüğü dağılımları,
- Çok ince malzeme muhtevası,
- Çok ince malzemelerin kalitesi-metilen mavisi,
- İri agregaların, tane şekli tayini-yassılık indeksi.

b) Fiziksel Özellikler

- İri agregaların parçalanmaya karşı direnci
- İri agregaların aşınmaya karşı direnci
- Tane yoğunluğu ve su emme oranları,
- Yığın yoğunlukları,
- Dayanıklılık

İri agregaların donma/çözülme etkisine karşı direnci

Hacim kararlılığı-kuruma büzülmesi

Alkali silika reaktifliği

- Isıl şoka karşı direnç

c)Kimyasal Özellikler;

- Klorürler,
- Kükürtlü bileşikler

Asitte çözünebilen sülfat

Suda çözülebilen sülfat

Toplam kükürt

- Organik madde tayini

Demiryolu balastı olarak kaba agregalar (iri kırmataş ≥31,5mm, ≤63 mm) kullanılır. Demiryolu balastı (kırmataş), ray ve traverslere destek görevi görür ve kaba agregalar yol kaplamalarının altında temel ve alt temel bölgelerinde yaptığına benzer şekilde drenaja olanak verirler. Demiryolu balast agregalarının performans gerekliliklerini;

- Traverse destek verme ve yükü dağıtması için,
- Ray (demiryolu) trafiğinin sıcaklık değişiminden dolayı oluşan yerel hareketleri sınırlandırması için,
- Traversler etrafında drenajı sağlamak için,
- Değişen şiddet ve frekanstaki büyük devir yüklerine maruz kalan demiryoluna rijit olmayan bir temel sağlamak için,
- Donma-çözünme ve diğer iklimsel değişimlere karşı dayanıklı olması için,
- Bitki yetişmesini geciktirmek olarak sıralayabiliriz.

Ayrıca optimum destek ve optimum drenaj elde etmek için, tane dağılımı göz önüne alınmalıdır. Balastın karşılaması gereken petrografik gereklilikler, tıpkı yol kaplamalarında kullanılan agregaların özelliklerine benzemektedir. Bu agregalar aşınma ve çatlamaya karşı dayanıklı olmalıdırlar. Agreganın balast uygunluğunun tespitinin TS 7043 EN 13450 (2004)'ye göre sağlanması için yapılan deneyler; ince tanelerin ve çok ince tanelerin muhtevası, yassılık indeksi, tane uzunluğu indeksi,

parçalanma direnci aşınma direnci, donma ve çözülme direnci tane yoğunluğu, su emme oranı, zararlı bileşenler. Demiryolun ihtiyacını sağlayacak olan agreganın belirlenmesi için özel olarak şekil ölçümleri yapılır.

Adana İli'ndeki bir beton üretim tesisinin beton agregaları için sınır değerleri ise Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Adana İli'ndeki bir beton üretim tesisinin beton agregaları için sınır değerleri

Agrega Boyutları	0-4 mm	4-14 mm	14-20 mm
İri Agregaların Yassılık endeksi (EN 933-3)			≤35 (FI35)
Metilen Mavisi Deneyi (EN 933-9) (MB)			≤1,50
İnce Malzeme İçeriği(EN 993-1)		İnce Agrega	%3 (en çok), %3'ü geçtiği durumlarda ince malzemenin kalitesi (metilen mavisi) deneyi uygulanır
		İri Agrega	%1,5 (en çok)
İri Agregaların Donma-Çözülme Etkisine Karşı Direnci (EN 1367-2) (MS değeri)			≤18 (MS18)
İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci (EN 1097-2)			≤30 (LA30)
Kuruma Büzülmesi (EN 1367-4)			<%0,075
Su Emme Oranı		İnce Agregada	<%3
		İri Agregada	<%1,5
Tane Yoğunluğu (g/cm^3)		0-4 mm	2,62 (en az)
		4-14 mm	2,65 (en az)
		14-20 mm	2,68 (en az)
Asitte Çözülebilen Sülfat Muhtevası (EN 1744-1)			< 0,4
Agregalar İçindeki SO_3 miktarı (EN 1744-1)			%0,1 (en çok)
Agreganın Suda Çözünebilen Klorür İyonu Muhtevası (ağırlıkça) (EN 1744-1)			<%0,01
Organik Madde Tayini (EN 1744-1)		Harç deney numunelerinin katılaşma süresini 80 dk'dan fazla artırmayacaktır.	
		Harç deney numunelerinin basınç dayanımını 28 günde %20'den fazla azaltmayacaktır.	
Kil Topakları			%0,5 (en çok)
Alkali-Silika Reaksiyonu			< %0,1 xh

3.3.1.2. Doğal Yapı Taşı Olarak Kullanımı

Kayaçlar belirli boyutlarda ocaktan çıkarıldıktan sonra uygulanacak projeye göre doğrudan veya işlenerek kullanılabilir. Blok boyutları bir metreden birkaç metreye kadar değişebilir. İşlenerek kullanılması genellikle mermercilik sektöründe olmakta, doğal kullanımı ise barajlarda rip-rap yapımı, liman dolgusu, dalgakıranlar, barajlarda ve şevlerde kaya dolgusu olarak karşımıza çıkmaktadır (Sevdinli, 2005). Ayrıca ekskavatör kırıcılar ile 30-60 cm ebatlarına küçültülen şekilsiz kaya parçaları yapı taşı olarak kullanım alanı bulmaktadır. Yapıtaşları istinat duvarlarında, bahçe duvarları ve evlerin duvar örüm işlerinde sıkça kullanılmaktadırlar.

Doğal yapı taşlarının mekanik özellikleri, bu kayaçların kullanım alanlarının belirlenmesi dışında, ocak ve fabrikalardaki üretim verimliliği üzerinden de oldukça önemli rol oynamaktadır. Doğal yapı taşlarının mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Türk Standartlarında belirtilen bir seri laboratuar deneyi yapılmalıdır. Çizelge 3.6'da doğal yapı taşlarının sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerin sınır değerleri verilmektedir.

Çizelge 3.6. Kayaçların doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken fiziksel ve mekanik özelliklerinin sınır değerleri (TS 2513, 1977; TS 1910, 1977).

Fiziksel Özellikler	Sınır Değer	Mekanik Özellikler	Sınır Değer
Birim Hacim Ağırlık (gr/cm^3)	>2,55	Tek eksenli Basınç Direnci (kg/cm^2)	>500
Ağırlıkça Su Emme (%)	<1,80	Eğilme Direnci (kg/cm^2)	>50
Porozite (%)	<2	Böhme Yüzeysel Aşınma Direnci (cm^3/50cm^2)	<15
Don Sonrası Ağırlık Kaybı (%)	<5	Darbe Direnci (Kgf.cm/cm^3)	>6

3.3.1.3. Çimento

Çimento, kireçtaşı, kil ve demir cevheri gibi hammaddelerin belirli bir oranda karıştırılıp, öğütülmesi ve 1400-1500 °C'ye kadar pişirilmesiyle elde edilen ana ürünün katkı maddesi katılarak öğütülmesiyle oluşan hidrolik bağlayıcı bir maddedir.

Kireçtaşının ikinci büyük kullanım alanı, Portland çimentosu ($CaO+SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3$) yapımıdır. 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.

Portland çimentosu üretiminde ise kireçtaşlarının Mg oranının %3'ten az ve alkali oranının (K,Na) %1,5'dan az olması istenir (Yakut, 2001).

Hammaddelerin belirli oranda karıştırılmasıyla elde edilen çimento hammaddesi farin, %75 kireçtaşı, %24 kil ve %1 Fe_2O_3'ün karıştırılıp, optimum partikül boyutuna kadar öğütülmesiyle hazırlanır.

$CaCO_3$ içerikleri %75 ile %90 arasında kalan karbonatlı marnlar ve %40 ile %75 arasında olan marnlar en önemli çimento hammaddeleridir. Çimentolar kullanım alanlarına göre farklı bileşime sahip, bağlayıcı malzemelerdir. SiO_2, Al_2O_3 ve Fe_2O_3 içeren kireçtaşları ile yüksek fırın curufları, volkanik küller ve diyatomitin belirli oranlarda karıştırılıp, işlenmesiyle üretilirler. Tüm bu bileşenleri bünyesinde içeren kireçtaşı ve marnlara çimento kayası da denilmektedir.

Hangi amaçla üretilecek olursa olsun çimento sanayinde kullanılacak kireçtaşlarının öncelikle homojen olması, yeterli rezerv ve tenöre (%74-79 $CaCO_3$) sahip olması, çatlaklarda silis dolgusu olması ve metamorfizma geçirmemesi şeklinde sayılabilmektedir.

Dünyada Portland çimentosu üretimi yaklaşık 1,4 milyar ton/yıl olup Türkiye'de bu miktar 45 milyon ton/yıl civarındadır. Diğer bir deyişle toplam kireçtaşı üretiminin %21' ü bu amaçla tüketilmektedir (DPT, 1996).

Bugün ülkemizde çimento sanayi hızla gelişip büyümektedir. Kireçtaşları, çimento sanayinde tek başına yüksek tonlara erişen önemli bir maddedir. Bu nedenle kireçtaşı üretim alanları, çimento fabrikalarının yer seçiminde etkilidir.

3.3.2. Kireç Üretimi

Sönmemiş kireç üretimi için kullanılan yıllık kireçtaşı miktarının dünyada 750 milyon ton'dur. Türkiye'de ise bu miktar kabaca 10 milyon ton/yıl civarında olup, toplam kireçtaşı üretiminin %4'üne karşılık gelmektedir (Çiçek, 1999).

Kireç endüstriyel hammaddeler içinde kullanım miktarı açısından 5. sırada olup, en çok kullanılan maddelerden biridir. Antik çağlarda topraktan ve kesme taştan inşa edilen yapılarda, bağlayıcı olarak sönmüş kirecin kullanıldığı gözlenmiştir. Bilinen en eski çimentolama malzemesidir.

Kireçtaşlarının kalsinasyonu ile üretilen kireç, insanlık tarihinde inşaat malzemesi olarak uzun zamandır bilinmesine karşın, endüstrideki kullanım alanları gitgide genişlemektedir. 20. yüzyılı başında hızla gelişen kimya ve demir-çelik endüstrisi ile kireç kullanımı çok yüksek oranlara ulaşmıştır. Kirecin endüstri, tarım ve çevre sektörlerinde yaygın olarak kullanılmasının nedeni, üretim teknolojisinin geliştirilmesi ve bu sayede fiyatının diğer rakip kimyasallara oranla oldukça düşük olmasıdır. İnşaat kireçleri çimento veya alçı elde edilmesi, tuğla harcı yapımında, kaplama ve sıva gibi işlerde çok yaygın olarak kullanılırlar.

Kireçtaşı ve dolomit 1000-1100 ^{o}C'ye kadar ısıtıldıkları zaman CO_2'ini kaybederek sönmemiş kireci oluştururlar. Kireç üretimi sırasında kireçtaşı, ağırlığının yaklaşık %44'ünü, dolomit ise %48'ini kaybeder. Bundan dolayı hammaddenin içindeki yabancı bileşenler iki kat konsantre olur. Kireç üretimi için kullanılacak kireçtaşı ve dolomitin çok saf ve sağlam olması gerekir. Kireçtaşlarının kil miktarının %5'ten fazla olması durumunda kirecin dayanıklılığı azalır ve kireç renklenir.

3.3.3. Metalürji

Metalürjide demir-çelik üretimi ve demir dışı metallerin üretiminde, kireçtaşı veya kireç kullanılmaktadır. Demir-çelik üretiminde kireçtaşı cevher hazırlama aşamasında ve pik demir üretiminde kullanılmaktadır. Demir genellikle, yüksek fırınlarda demir cevherini kok ve havayla birlikte redükleyici ortamda yakarak üretir.

Demir cevherini aglomere etmek amacıyla pulverize kömür ve kireç ürünleri verdikten sonra yüksek sıcaklıklarda (1200-1400 ºC) yakılır. Uygulanan prosese göre bu işleme sinterleştirme, biriketleştirme veya peletleştirme adı verilir. Bu işlemlerin sonucunda 0-8 mm ebatlarındaki cevher; 2-2,5 cm ebadında belli mukavemette sert parçacıklara dönüşür. Aglomerasyon işlemine kireç ürünlerinin önemli katkısı vardır.

Kömür tozuyla birlikte %10-12 oranında cevhere katılan öğütülmüş kireçtaşı ($CaCO_3$) yaklaşık 1200-1400 ºC sinter sıcaklıklarında kalsine olarak cevherdeki silisyum ve alüminyumla reaksiyona girer ve kalsiyum silikat- aliminyum ferrit sistemini oluşturur. Bu bileşik, demir cevherinin ince taneciklerini bağlar ve belli bir sertlik kazandırır. Kireçtaşının karışımda diğer bir rolü, yüksek fırında cüruf teşekkülü için gerekli olan $CaO:SiO_2$ molar oranını belli aralıklarda tutmaktır. Kireçtaşı pik demir üretiminde de kullanım alanı bulmaktadır. Sıvı demir, aglomere edildikten sonra yüksek fırına verilen cevherin kokla indirgen şartlarda yakılmasıyla elde edilir.

Demir cevherinin yüksek fırınlarda demire indirgenmesi sırasında cevher veya koktan kaynaklanan safsızlıkları (kükürt, silisyum, alüminyum, mangan gibi) bertaraf etmek için kireçtaşı kullanılır. Yüksek fırında kullanılan kireçtaşı, yüksek kalsiyum ve magnezyum karbonata ama düşük silis, kükürt ve fosfora sahip olmalıdır ($CaCO_3$+$MgCO_3$ min %97, S min %0,10 ve min %0,02). Ayrıca yüksek fırın şartlarına uygun derecede ısı ve mekanik direnç gösterebilmelidir.

Kireçtaşı, bakır, kurşun, çinko ve antimon cevherlerinin rafinasyonu sırasında safsızlık cüruflaştırıcısı olarak geniş çapta kullanılır. Alüminyum üretiminde kireçtaşı, silisyumu uzaklaştırmada kullanılır. Özellikle, yüksek fırınlarda demir rafinasyonu için cüruflaştırıcı olarak çok miktarda kireçtaşı kullanılır. Türkiye' de bu amaçla tüketilen yıllık kireçtaşı miktarı 1 milyon ton civarındadır. Bu alandaki tüketimin toplam tüketim içindeki payı %0,45 oranına ulaşmaktadır (DPT, 2001).

3.3.4. Cam Endüstrisi

Cam endüstrisinde hem kalsiyumca zengin kireçtaşları, hem de dolomitik kireçtaşları kullanılmaktadır. Kalsiyumca zengin kireçtaşları şişe ve pencere camı yapımında, magnezyumca zengin dolomitik kireçtaşları ise bazı özel camların yapımında kullanılır. Bunun amacı, camın çözünürlüğünü azaltmak, camı suya ve kimyasallara dirençli hale getirmek, camın mekanik direncini ve parlaklığını arttırmaktır. Cam kapların ve bardakların üretiminde, çeşitli kimyasalların renksizleştirme etkilerine ve ısısal şoklarına karşın camı dirençli hale getirmesinden

dolayı, dolomitik kireçtaşları tercih edilir. Bu alanda kullanılacak kireçtaşlarının %98,5 $(Ca,Mg)CO_3$, %0,2 Fe_2O_3, %1 kuvars, %0,3 organik materyal içermesi idealdir. Demir oranı mümkün olduğunca düşük olmalıdır (Temur, 2001).

3.3.5. Çevre

Kireçtaşı, sucul ortamların arıtımı ve baca gazı arıtımı olarak çevre arıtımında önemli bir kullanım alanına sahiptir.

Granül yapıda, dar gradasyonlu (0,71–1,25 mm/1,6–2,8 mm) kireçtaşı, içme suyu filtrelemesinde kullanılır. Filtreleme sırasında kireçtaşı, asidik suları da nötralize eder. Belli zaman aralıkları ile bu kireçtaşları yenileri ile değiştirilir. Ayrıca 40–60 mm ebatlarında kireçtaşı agregaları ise kanalizasyon arıtma tesislerinde bakteri bertarafında kullanılır. Dolomitik olmayan kireçtaşı, asit notrazilasyonunda kullanılan en ucuz kimyasaldır.

Enerji üretiminde atom santralleri yapımı dışında Dünya'da genel eğilim, kömür kullanarak doğal gaz ve fuel-oil gibi diğer kaynakların başka alanlarda tüketimini sağlamaktır. Kömür ve linyit kullanan termik santrallerin sorunu ise bu yakıtın ihtiva ettiği kükürdün yanması sonucunda baca gazında çevreye zararlı ve asit yağmurlarına yol açabilen SO_2/SO_3 oluşumudur.

Türkiye'de yılda 60–70 milyon ton linyit üretiminin en büyük problemi kükürt içeriklerinin çok yüksek olması nedeniyle (ort. %7–8) yanma sırasında yüksek miktarlarda SO_2 gazı oluşmaktadır. Ülkenin ekonomik yapısı ve enerji kaynakları birlikte düşünüldüğünde linyit tüketiminden vazgeçilemeyeceği ortadadır. Bu durumda linyitlerin akışkan yatakta kireçtaşı ilavesi ile kontrollü bir şekilde yakılması çevre kirliliğini önleme açısından önemli bir uygulama olmaktadır.

Bu sistemlerde akışkan yatak, matris görevini üstlenen ince kum (veya inert bir malzeme), kömür ve kömürün %30'undan daha fazla oranlarda 0,25-3 mm ebatlarındaki kireçtaşının birlikte homojen bir biçimde karıştırılması ile oluşturulur.

Enjeksiyonlu sistemlerde ince öğütülmüş (0,01-0,02 mm) kireçtaşı, 900^o C'den yukarda sıcaklıklara sahip yanma kazanına kömürle birlikte veya ayrı olarak püskürtülür. Sönmemiş kirece dönüşen kireçtaşı kükürt oksitlerle ve hidrojen

klorürle reaksiyona girerek kalsiyum sülfit/sülfat ve kalsiyum klorite dönüşür. Toz halindeki yanma ürünleri (kül+CaO+$CaCO_3$+$CaSO_3$+$CaSO_4$+$CaCl_2$) daha sonra bir elektrostatik veya torbalı filtre aracılığı ile toplanır (Lokman, 2000).

Yaş sistemlerde; ince öğütülmüş kireçtaşı (%90'ı 0,045 mm'den küçük) suda süspansiyon haline getirilerek baca gazı arıtımında kullanılmaktadır. Suda çözünürlüğü az olan kükürt dioksit, kireçtaşı süspansiyonunda hızla çözünür.

%90-95 kükürt giderme randımanı ile çalışabilen yaş sistemler, büyük tesis ve termik santrallerde kullanılan en gelişmiş sistemlerdir. Baca gazı arıtımında kullanılan kireçtaşının kalitesi yüksek olmalıdır. Çizelge 3.7'de baca gazı arıtımında kullanılan kireçtaşlarının teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.7. Baca gazı arıtımında kullanılan kireçtaşlarının teknik özellikleri

Saflık	%95-97 $CaCO_3$
Reaktivite	Yüksek
İncelik	%90 <0,074 mm
Gözeneklilik	Yüksek
SiO_2	En az %1
Beyazlık	Alçı yapımı için önemli olup Fe ve C beyazlığı azaltır.
$MgCO_3$	En az %2
Al+Florürler	Mümkün olduğunca az miktarlarda.

Büyük ölçekli desülfürizasyon tesislerinde (örneğin kömür kullanan termik santraller) gittikçe artan miktarlarda öğütülmüş kireçtaşı kullanılmaktadır. Türkiye'de termik santrallerde kullanılan kireçtaşı miktarı ise çok düşük olup, 145.000 ton/yıl mertebesindedir. Yüksek kükürtlü yakıt yakan sistemlerin bacalarından çıkan ve hava kirlenmesine yol açan kükürt bileşiklerinin giderilmesi için tüm desülfirizasyon sistemlerinde kireçtaşları kullanılır (DPT, 2001).

3.3.6. Kağıt Sanayi

Kağıt sanayinde yüksek saflıkta $CaCO_3$ içeren (≥%95) kireçtaşları kullanılır. Kalsine kireçtaşının yeniden karbonizasyonu sonucu presipite kalsiyum karbonat elde edilir. Ayrıca kağıdın kuşelenmesi için kullanılır. Çok yüksek yansıma indeksi

verir. Kağıdın baskı mürekkebini kabul etme oranını arttırır ve kağıda beyazlık ve parlaklık sağlar. Bu sanayide yoğunluğu 2,5 tan fazla olan ve en fazla %3 Mg içeren yüksek saflıkta kireçtaşları kullanılmalıdır (Yakut, 2001).

3.3.7. Tarım

Tarım alanında özellikle bitkilerin büyümesini sağlamak, toprağın kondisyonunu artırmak ve asitliğini ayarlamak için kireçtaşları ve dolomitten yararlanılır. Ayrıca kireçtaşı, suni gübre ve hayvan yemi üretiminde de kullanılmaktadır. Bu alanda öğütülerek toz haline getirilmiş, mümkün olduğunca saf kireçtaşı ve dolomit kullanılır. Türkiye'de tarımsal alanların ıslahında kullanılan toz kireçtaşı miktarı yılda yaklaşık 30.000 ton/yıl civarındadır (DPT, 2001).

3.3.8. Boya Sanayi

Boya sanayinde kireçtaşlarının kullanılması polimerlerin homojen dağılımını arttırmakta, çözülmeyi azaltmakta, renk pigmentlerinin yüzmesini engellemekte ve boyanın örtme gücünü arttırmaktadır. Boya endüstrisinde kullanılacak kireçtaşlarının özgül ağırlığı 2,71 gr/cm^3 ve beyazlık oranı %95'ten fazla olmalıdır (Yakut, 2001).

3.3.9. Şeker Sanayi

Şeker sanayinde ham şerbete %1,2 oranında öğütülmüş kireçtaşı katılarak kirletici maddelerin temizlenmesi ve reaksiyonların hızlanması sağlanır. Bu alanda kullanılacak kireçtaşlarının Si ve Mg oranının düşük Fe_2O_3 oranının %1'den az, $CaCO_3$ oranının %95'ten fazla olması gerekir (Temur, 2001).

3.3.10. Kimya Sanayi

Kimya sanayinde kalsiyum karpit ($CaCO_2$), sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) ve soda üretimi kireçtaşının en çok üretildiği alanlardır. Dolomitten Mg eldesi ve İngiliz

tuzu ($MgSO_4$) gibi çeşitli tuzların üretiminde kireçtaşlarından yararlanılmaktadır. Bu amaçla SiO_2 oranı düşük ve nispeten yumuşak kireçtaşları kullanılır (Temur, 2001).

3.3.11. İlaç Sanayi

İlaç sanayi kireçtaşlarının dolgu maddesi olarak kullanır. Tarım korumanın kullandığı kireçtaşları oldukça yumuşak ve beyazdır. Fe_2O_3 oranı %0,1'in altında, SiO_2 oranı da %0,5'ten az olmalıdır (Yakut, 2001).

3.3.12. Kömür Ocaklarında Kullanım

Maden kömürü ocaklarında oluşan kömür tozlarının patlama tehlikesi vardır. Eğer kömür tozları %35 oranında kireçtaşı ile karıştırılırsa patlama riski giderilmiş olur. Pulverize kireçtaşı makine ile ocağın tüm tavanlarına, duvarlarına ve zeminlerine püskürtülmelidir (Yakut, 2001).

3.3.13. Diğer Endüstriyel Kullanım Alanları

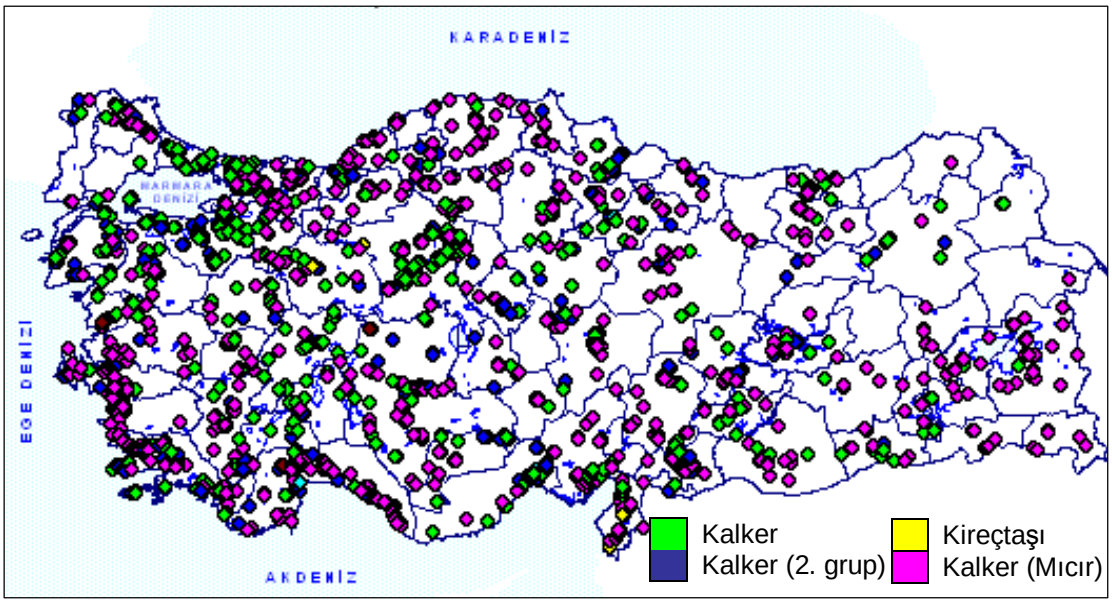
Soda sanayi, lastik-plastik-kauçuk sanayi gibi sektörlerde de kireçtaşı kullanımı söz konusu olup, Türkiye'de bu sanayi dallarında tüketilen toplam kireçtaşı miktarı 1,4 milyon ton/yıl civarındadır (DPT, 2001).

3.4. Türkiye Kireçtaşı Potansiyeli

Kireçtaşı II. Grup madenler; mermer, dekoratif taşlar, traverten, kalker, dolomit, kalsit, granit, siyenit, andezit, bazalt ve benzeri taşlar gurubunda yer almaktadır (Şekil 3.1). Ülkemiz kireçtaşı potansiyeli açısından zengin kaynaklara sahiptir. Türkiye'deki kalker oluşumlarının dağılımı Çizelge 3.8'de verilmiştir.

Migem'in 28.02.2009 tarihli değerlendirmesine göre II. Grupa arama ve işletme olarak toplamda 19.843 adet kireçtaşı ruhsat kesilmiştir. 2003-2008 yılları arasındaki kireçtaşı üretimi; 2003'de 61.378.970 ton, 2004'de 66.181.436 ton,

2005'te 110.276.707 ton, 2006'da 176.351.412 ton, 2007'de 211.453.745 ton ve 2008'de 208.828.255 ton olarak gerçekleşmiştir (MİGEM, 2009).



Şekil 3.1. Kireçtaşı işletmelerinin bölgelere dağılımı

Çizelge 3.8. Türkiye'deki kalker oluşumlarının bölgelere dağılımı (MİGEM, 2009)

Bölge	Rezerv (milyon ton)		
	Görünür	Muhtemel+Mümkün	Potansiyel
Marmara	217	1.008	2.120
Ege	395	2.200	16.860
Akdeniz	323	1.335	7.810
İç Anadolu	606	2.112	5.135
Karadeniz	260	1.405	3.940
Doğu Anadolu	383	1.180	2.710
Güney Doğu Anadolu	147	530	910
Toplam	2.331	9.770	39.485

4. MATERYAL VE METOD

4.1. Materyal

İnceleme alanı (Yılankale-Misis (Kokar Tepe) kireçtaşları) Adana yerleşim alanının 35 km doğusunda ve Ceyhan İlçesi'nin kuzey batısında yer almakta (Şekil 4.1-4.2) ve 1/25.000 ölçekli topografik haritada Adana N35d3 paftasında bulunmaktadır.



Şekil 4.1. Yılankale-Misis (Kokar Tepe) kireçtaşlarının genel görüntüsü

Bölgedeki kireçtaşları, fay kırıkları ile çevrili olması nedeni ile bol çatlaklı, bazı fay çatlaklarının arası kil dolgulu, bej renk ağırlıklı, yer yer beyaz, alt basamaklara doğru koyu renkli olarak görülmektedir (Şekil 4.3). Sahada çok nadir de olsa magnezyum içeren pembemsi yapı da görülmektedir. Sahanın güney ve batı kısımlarında kireçtaşının yapısı daha sağlam olmasına rağmen kuzey ve doğu yönünde ilerlendiğinde yapı zayıflamaktadır. Kireçtaşlarının üzerinde yer alan örtü tabakası 4-5 m derinliğe kadar topraklı yapı, 6-10 m derinliğe kadar da çatlaklardan kireçtaşının içine geçmiş, taşlaşmış topraksı yapı içermektedir (Şekil 4.4-4.5).



Şekil 4.2. Yılankale-Misis (Kokar Tepe) kireçtaşlarının saha görüntüsü



Şekil 4.3. Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının ocak görünümü



Şekil 4.4. Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının sahada görünümü



Şekil 4.5. Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının sahada görünümü

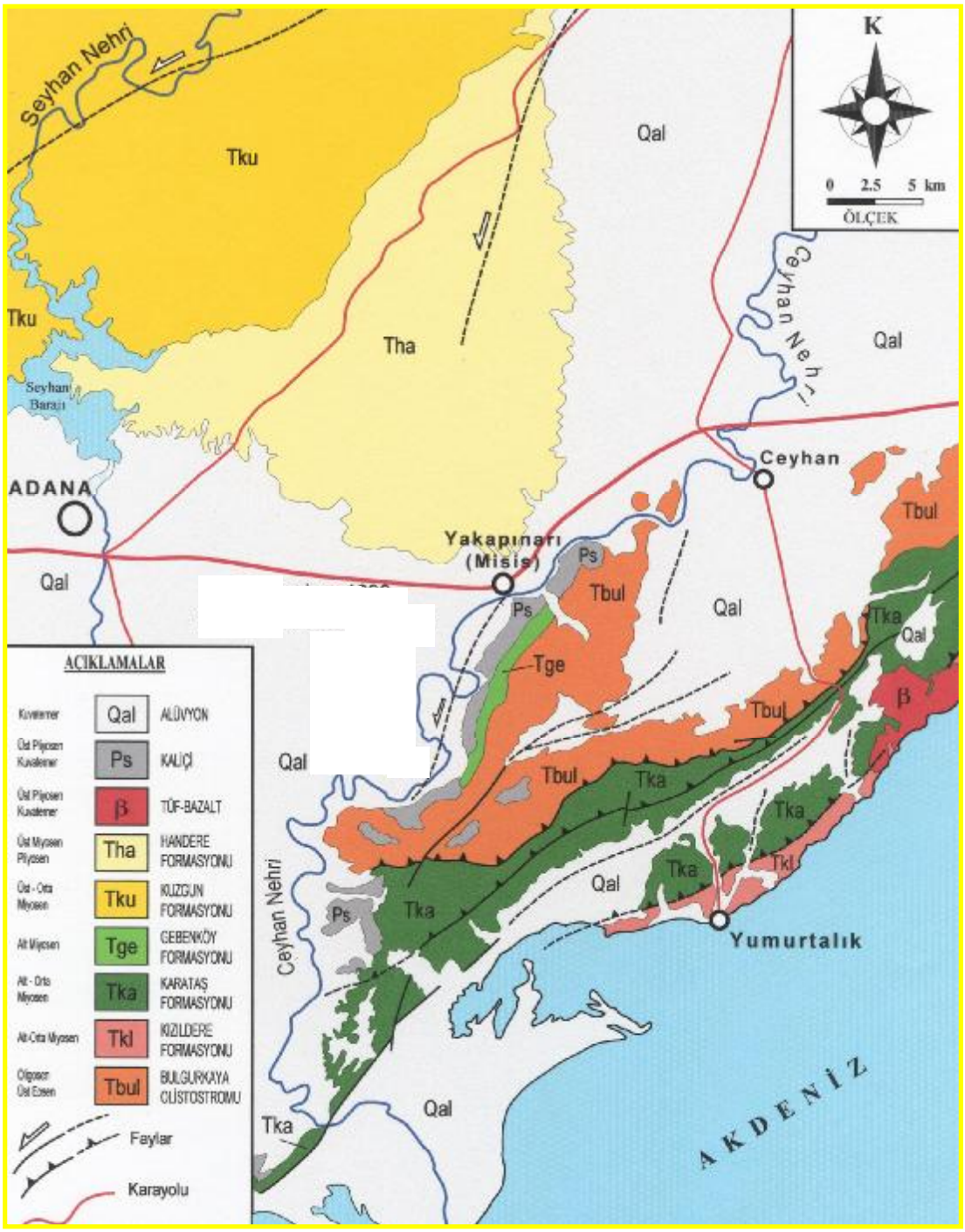
Kireçtaşı üretim süreci, yüzey tabakası sıyrılarak (toprak, bitki kökü vb.) organik tabaka kireçtaşından uzaklaştırılır. Üzeri temizlenmiş alanda kireçtaşı delici makinelerle kayaç yapısına ve istenilen malzeme ebatlarına uygun; delik çapı, eğim, dilim kalınlığı, delikler arası mesafe belirlenerek delikler delinir. Delikler uygun patlayıcı maddeler ile doldurulup patlatılarak kireçtaşı gevşetilir. Gevşetilen malzeme içerisinde büyük bloklar mevcut ise ya blok taş olarak kullanılır ya da hidrolik ekskavatör ile tesisin kırabileceği ebatlara küçültülür. 0–1000 mm malzeme yükleyicilerle kamyonlara yüklenerek kırma eleme tesisine nakli sağlanır. Kırma eleme tesisine beslenen kireçtaşı içindeki ince malzeme (kil, toprak vb) ızgaralar vasıtası ile agreganın içinden uzaklaştırılır. Izgara üstünde kalan malzeme birincil, ikincil darbeli kırıcılardan geçtikten sonra istenilen ebatlarda elenerek boyutlandırılır.

Yapılan tez çalışmasında kullanılmak üzere Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarından patlatma sonrası kireçtaşı örnekleri alınmış ve kireçtaşlarının hammadde özelliklerini belirlemeye yönelik yapılacak deneyler için örnekler hazırlanmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Araziden alınan örneklerin görünümü

Yılankale-Misis (Kokar Tepe) kireçtaşları bölgede özellikle Misis-Nur Dağı'nda yüzlek veren Bulgurkaya Olistostromu (Tbul) içerisinde yer almaktadır (Kozlu, 1997) (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Bölgenin jeoloji haritası (Kozlu, 1997)

Misis-Andırın havzasında Üst Eosen-Oligosen yaşlı denizel bir matriks içinde Misis-Andırın melanjına ait blokları kapsayan kaotik istif (Tbul), çok aktif tektono-sedimanter ortamın ürünüdür. İçinde bol olistolit bulunduran mega-breş, killi-kumlu çakıltaşı seviyeleri ile ardalanmalı çökelen, türbidit özellikli kumtaşı-kalkarenit ve kumlu marn kaya türleri bulunmaktadır.

4.2. Metod

2009 yılı yaz döneminde sürdürülen arazi çalışmalarında, bölge kireçtaşılarının hammadde özelliklerini belirlemek amacı ile sistematik olarak yeterli miktarda örnekler alınmıştır. Yılankale-Misis Yöresi kireçtaşlarından alınan örnekler, Ç.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Jeokimya ve Maden Mühendisliği Bölümü Laboratuarları'na hammadde özelliklerini belirlemek amacı ile getirilmiş ve deneylere tabi tutulmuştur. Laboratuarda deneyler için istenilen boyutlarda örnekler hazırlanmış ve bu örneklerin kimyasal, mineralojik, fiziko-mekanik ve ısıl özellikleri belirlenmiştir. Kullanılan standartlarla deneylerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve bu bölgedeki kireçtaşlarının hangi alanlarda kullanılabileceği saptanmıştır.

Bu bölgedeki kireçtaşları yoğunluklu olarak inşaat ve yollarda kullanıldığı için öncelikle TS 706 EN 12620+A1 (2009) Beton Agregaları ile TS EN 13043 (2004) Yollar, Havaalanları ve Trafiğe Açık Diğer Alanlardaki Bitümlü Karışımlar ve Yüzey Uygulamalarında Kullanılan Agregalar standartlarına göre örnekler hazırlanmıştır. Bu kapsamda agrega tane sınıflarının geometrik özellikleri; agrega tane sınıfları, tane büyüklüğü dağılımları, çok ince malzeme muhtevası, çok ince malzemelerin kalitesi-metilen mavisi, iri agregaların tane şekli-yassılık indeksi ile fiziksel özellikleri; tane yoğunluğu ve su emme oranları, yığın yoğunlukları, iri agregaların kırılmaya karşı direnci ile ve kimyasal özellikleri; klorürler, iri agregaların donma-çözülmeye karşı direnci, asitte çözülebilen sülfat, toplam kükürt, ısıl şoka karşı direnç belirlenmiştir.

Çimento üretiminde kullanılan ana hammaddeler jeolojide sedimenter kayaçlar olarak bilinen kireçtaşı, kil ve marndır. Klinker üretiminin ana

komponentleri olan CaO için kalker (kireçtaşı); SiO_2, Al_2O_3, ve Fe_2O_3 için de kil mineralleri temel kaynaklardır. Çimento üretiminde kullanılacak hammaddelerin uygunluk dereceleri onların kimyasal bileşimleri ile orantılıdır. Kireçtaşı bileşeni için kireç standardı bir kriter olarak kullanılmaktadır. Bölge kireçtaşlarının, inşaat sektöründe en önemli kullanım alanına sahip çimento hammaddesi olarak kullanılabilirliği araştırılarak uygun olup olmadığı belirlenmiştir.

Mendirek-liman yapımlarında, dere ıslahlarında kullanılan çeşitli ebat ve ağırlıklardaki blok taş ile inşaat sektöründe kullanılan (istinat duvarı vb) yapı taşları için kaya yoğunluğu, su emme, don kaybı, donma çözünme kaybı, metilen mavisi, basma dayanımı, nokta yükleme indeksi, ıslak dinamik ezilme değeri, blok bütünlüğü deneyleri yapılarak Yılankale Kireçtaşları'nın dolgu bloğu olarak ve yapı taşı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

4.2.1. Kimyasal Analiz

Kireçtaşı örneklerinin kimyasal analizleri XRF (Siemens SRS 300 X-ray Fluoresans Spectrometer) kullanılarak yapılmıştır. X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlamasıyla veya atomun iç orbitallerindeki elektronların elektronik geçişleri ile oluşturulan kısa dalga boylu elektromanyetik ışınlardır. X-ışınlarının dalga boyu aralığı yaklaşık 10^{-5} Å'dan 100 Å'ya kadardır. Ancak klasik X-ışınları spektroskopisi yaklaşık 0.1 Å ile 25 Å (1 Å= 0.1 nm=10^{-10} m) arasındaki bölgeyi kapsamaktadır (Jenkis ve ark., 1995).

4.2.2. Petrografik Analiz

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

4.2.3. Kalitatif ve Yarı Kantitatif Analiz

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

4.2.4. Fiziksel Özellikler

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

4.2.4.1. Birim Hacim Ağırlık

Bu deneyle, tabii yapı taşlarının boşlukları ile birlikte birim hacim kütlesi tayin edilir. Deney düzgün geometrik şekilli olan veya olmayan deney numunelerinin kullanılması haline göre iki ayrı şekilde uygulanır. Düzgün olarak küp, dikdörtgenler prizması veya silindir biçiminde hazırlanan deney numunelerinde hacim kütlesi tayini yapılır. Deney numunelerinin hacimleri, boyutlarından hesaplanarak bulunur (TS 699, 1987). Tabii yapı taşının hacim kütlesi, eşitlik 4.1 ile hesaplanır.

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

Burada;

d_h = Taşın hacim kütlesi (g/cm^3),

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

V= Deney numunesinin hacmi (cm^3),

4.2.4.2. Su Emme Oranı

Deney düzgün geometrik şekilli olan veya olmayan en az üç deney numunesi üzerinde yapılır. Yapılan inceleme için düzgün geometrik şekilli olmayan dört adet deney numunesi hazırlanmaktadır. Deney TS 699 (1987)'a uygun olarak yapılmaktadır. Taşın kütlece su emme oranı eşitlik 4.2 ile hesaplanmakta, taşın hacimce su emme oranı ise eşitlik 4. 3 ile hesaplanmaktadır.

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k}.100 \quad (4.2)$$

$$S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}}.100 \quad (4.3)$$

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

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

G_d = Taşın doygun haldeki kütlesi (g),

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

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

4.2.4.3. Görünür Porozite

Taşın porozitesi TS 699 (1987)'a uygun olarak yapılmakta ve eşitlik 4.4'e göre hesaplanmaktadır.

$$P = \left(1 - \frac{d_h}{d_{ö}}\right).100 \quad (4.4)$$

P= (1-k).100

P= Taşın porozitesi (%),

d_h= Taşın hacim kütlesi (g/cm^3),

d_o= Taşın özgül kütlesi (g/cm^3),

k= d_h/d_o (doluluk oranı)'dır.

4.2.5. Geometrik Özellikler

Geometrik özelliklerin belirlenebilmesi için TS EN 932-1 (1997) numune alma metotlarına göre örnek alınmaktadır. Laboratuar numuneleri TS EN 932-2 (1999) standardına uygun olarak azaltılmaktadır. Deney kısmı kütlesini belirlemek için Çizelge 4.1'den yararlanılmaktadır.

Çizelge 4.1. Normal agregalar için deney numunelerinin kütlesi (TS 3530 EN 933-1, 1999)

Agrega Tane Büyüklüğü D (en çok) mm	Deney Kısmının Kütlesi (en az) kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
≤4	0,2

4.2.5.1. Agrega Tane Sınıflarının Belirlenmesi

Dolgu malzemesi olarak kullanılan agregalar dışındaki bütün agregalar, d/D kullanılarak agrega tane sınıfı cinsinden belirtilmelidir. Dolgu malzemesi olarak kullanılan agregalar, dolgu olarak belirtilmeli ve EN 933-1 (1997)'ye göre tane büyüklüğü dağılımı şartlarını sağlamalıdır.

Agrega tane sınıfları, TS 706 EN 12620+A1 (2009) beton agregaları ve TS EN 13040 (2004) bitümlü karışımlar için kullanılan agregalarda Çizelge 4.2'den seçilir. Elek serileri Çizelge 4.2'de belirtilen temel elek serisi veya temel elek serisi+seri 1 veya temel elek serisi+seri 2 sütunlarından seçilen bir elek göz açıklığı çifti kullanılarak belirtilmelidir. Seri1 ve seri2 den seçilen elek göz açıklık kombinasyonlarının kullanılmasına izin verilmez. Agrega tane sınıflarının D/d oranı 1,4'den küçük olmamalıdır (TS 706 EN 12620+A1, 2009).

TS 7043 EN 13450 (2004) balast agregalarında tane sınıfları Çizelge 4.3'e göre beyan edilir. Demiryolu balastı için D'nin değeri 50 mm veya 63 mm, d'nin değeri ise 31,5 mm'dir.

Çizelge 4.2. Agrega tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları

Temel Elek Serisi (mm)	Temel Elek Serisi+Seri 1 (mm)	Temel Elek Serisi+Seri 1 (mm)
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6 (5)	-
-	-	6,3 (6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2 (11)	-
-	-	12,5 (12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4 (22)	-
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63

4.2.5.2. Tane Büyüklüğü Dağılımı (Gradasyon) ve Çok İnce Malzeme İçeriği

Tane büyüklüğü dağılımı deneyi için uygun şartlarda alınan ve azaltılan deney numunesi üzerinde TS 3530 EN 933-1 (1999)'a göre tane büyüklüğü dağılımı ve çok ince malzeme içeriği tespiti yapılır. Eşitlikten 4.5 ile 0,063 mm göz açıklıklı eleği geçen ince tanelerin yüzdesi hesaplanır. Agrega tane büyüklükleri kullanıldığı standartlara göre, agrega tane sınıfına bağlı olarak Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'deki değerleri sağlamalıdır.

$$f = 100 \cdot \frac{(M_1 - M_2 + P)}{M_1)} \qquad (4.5)$$

M_1: Deney kısmının kuru kütlesi, kg

M_2: 0,063 mm göz açıklıklı elek üzerinde kalan malzemenin kuru kütlesi, kg

P: Tavadaki malzemenin kütlesi, kg

Çizelge 4.3. Demiryolu balastları için agregalarda tane sınıfı kategorisi

Elek Göz açıklığı (mm)	Demiryolu balastı tane büyüklüğü (31,5 mm-50 mm)			Demiryolu balastı tane büyüklüğü (31,5 mm-63 mm)		
	Elekten Geçen Kütlece Yüzde					
	Tane Sınıfı Kategorisi					
	A	B	C	D	E	F
80	100	100	100	100	100	100
63	100	97–100	95–100	97-99	95-99	93-99
50	70–99	70-99	70-99	65-99	55-99	45-70
40	30–65	90-70	25-75	30-65	25-75	15-40
31,5	1–25	1-25	1-25	1-25	1-25	0-7
22,4	0–3	0-3	0-3	0-3	1-3	0-7
31,5-50	≥50	≥50	≥50	-	-	-
31,5-63	-	-	-	≥50	≥50	≥50

Çizelge 4.4. Tane büyüklüğü dağılımı için genel şartlar

TS 706 EN 12620+A1 (2009) Beton Agregalar						
Agrega	Tane Büyüklüğü	Elekten geçen kütlece yüzde				
		2 D	1,4 D	D	d	d/2
İri	D/d≤2 veya D≤11,2	100	98-100	85-99	0-20	0-5
		100	98-100	80-99	0-20	0-5
	D/d>2 ve D>11,2	100	98-100	90-99	0-15	0-5
İnce	D≤ 4mm ve d=0	100	95-100	85-99	-	-
TS EN 13043 (2004) Bitümlü Karışımlarda Kullanılan Agregalar						
Agrega	Tane Büyüklüğü	Elekten Geçen Kütlece Yüzde				
		2D	1,4D	D	d	d/2
İri	D>2	100	98-100	90-99	0-10	0-2
		100	98-100	90-99	0-15	0-5
		100	98-100	90-99	0-20	0-5
		100	98-100	85-99	0-15	0-2
		100	98-100	85-99	0-20	0-5
		100	98-100	85-99	0-35	0-5
İnce	D≤2	100	98-100	85-99	-	-
Karışık	D≤ 45mm ve d=0	100	98-100	90-99	-	-
		100	98-100	85-99	-	-

4.2.5.3. İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi

Çok ince malzeme; ince agreganın toplam çok ince malzeme muhtevasının %3'ten veya agreganın kullanıldığı yerde geçerli olan mevzuata göre belirtilmiş olan

başka bir değerden daha az olması, TS EN 933-9 (2001)'a uygun olarak deneye tabii tutulduğunda metilen mavisi deneyinin (MB) belirtilen alt sınır değerinden daha küçük bir değer vermesi, bilinen bir performans yeterliliğine sahip agreganınkine eşit performansın elde edilmesi veya herhangi bir problemle karşılaşılmadan kullanım performans yeterliliğini kanıtlaması durumunda zararsız olarak kabul edilir.

TS EN 13043 (2004) standardına göre ise agregaların içindeki çok ince malzeme miktarı %3'ten büyük olmadığı zaman daha fazla deney yapmaya gerek yoktur. %3-%10 arasında ise 0/0,125 mm fraksiyonundaki zararlı ince malzemelere metilen mavisi deneyi uygulanır ve MB_f olarak değer hesaplanır.

Laboratuar numuneleri TS EN 932-2 (1999)'ye uygun olarak azaltılır ve deney TS EN 933-9 (2001)'e göre yapılır. 0-2 mm tane büyüklüğü aralığının beher kg'ı başına tüketilen boyanın gram cinsinden ifadesi olan metilen mavisi değeri (MB), eşitlik 4.6 ile hesaplanır. MB değeri, (0-2) mm aralığının beher kilogramı için kullanılan boya miktarı, 0,1 g yaklaşımla kaydedilir.

$$MB = \frac{V_1}{M_1}.10 \tag{4.6}$$

M_1 : Deney numunesi kısmının kütlesi, g,

V_1 : İlave edilen boya çözeltisinin toplam hacmi, M_1'dir.

4.2.5.4. Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi

TS 3530 EN 933-1 (1999) standardında yer alan Çizelge 4.1'e uygun olarak deney kısmının kütlesi hazırlanır. Deney kısmı kütlesi hazırlanırken uygun numune alma yöntemleri ve numune azaltma yöntemlerine göre hazırlanır. Toplam yassılık endeksi, çubuklu eleğin arasından geçen tanelerin toplam kütlesi deneye tabii tutulan tanelerin toplam kuru kütlesinin %'si olarak hesaplanır. 4 mm ve 80 mm arasındaki her tane büyüklüğü fraksiyonu d_i/D_i deki bütün taneler tartılır ve ayrı ayrı muhafaza edilir. 4 mm elekten geçen ve 80 mm'lik elekte kalan taneler tartılır ve işlem dışı bırakılır. Toplam yassılık endeksi F_l eşitlik 4.7 ile hesaplanır. Her tane büyüklüğü fraksiyonunun yassılık endeksi ($Fİ_i$), istendiğinde, eşitlik 4.8'den hesaplanır (TS 9582 EN 933-3, 1999).

$$Fi = \frac{M_2}{M_1}.100 \quad (4.7)$$

M_1: her tane büyüklüğü fraksiyonundaki tanelerin toplam kütlesi, g,

M_2: Her tane büyüklüğü fraksiyonunun çubuklar arası açıkığı $D_i/2$ olan çubuklu eleklerden geçen tanelerin toplam kütlesi, g.

$$F\dot{I}_i = \frac{m_i}{R_i}.100 \quad (4.8)$$

R_i: Her bir d_i/D_i tane büyüklüğü fraksiyonunun kütlesi, g

m_i: Her tane büyüklüğü fraksiyonunun çubuklar arası açıklığı $D_i/2$ olan çubuklu eleklerden geçen tanelerinin toplam kütlesi, g.

Çizelge 4.5. Silindirik çubuklu elekler (TS 9582 EN 933-3, 1999)

d_i/D_i Tane Büyüklüğü Fraksiyonu (mm)	Silindirik Çubuklu Eleklerde Çubuklar Arası Açıklık (mm)
63/80	40±0,3
50/63	31,5±0,3
40/50	25±0,2
31,5/40	20±0,2
25/31,5	16±0,2
20/25	12,5±0,2
16/20	10±0,1
12,5/16	8±0,1
10/12,5	6,3±0,1
8/10	5±0,1
6,3/8	4±0,1
5/6,3	3,15±0,1
4/5	2,5±0,1

4.2.5.5. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı

Tane yoğunluğu, kütlenin hacme oranından hesaplanır. Kütle, deney numunesi kısmını doygun ve yüzeyi kurutulmuş halde ve tekrar etüvde kurutulmuş halde tartmak suretiyle tayin edilir. Hacim ise tel sepet metodundaki kütle indirgemesi veya piknometre metodundaki tartımlar yoluyla yer değiştiren suyun

kütlesinden tayin edilir. Tane yoğunlukları, g/cm^{3}cinsinden eşitlik 4.9-4.11 yardımıyla hesaplanır (TS EN 1097-6, 2002).

$$\rho a = \frac{\rho w.M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (4.9)$$

$$\rho rd = \frac{\rho w.M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (4.10)$$

$$\rho ssd = \frac{\rho w.M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (4.11)$$

Su emme oranı (WA_{24}), 24 saatlik daldırmadan sonra kuru kütlenin bir yüzdesi olarak eşitlik 4.12'ye göre hesaplanır.

$$WA_{24} = \frac{100.(M_1 - M_4)}{M_4} \quad (4.12)$$

ρa: Görünür tane yoğunluğu, g/cm^3

ρrd: Etüvde kurutulmuş tane yoğunluğu, g/cm^3

ρssd: Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tene yoğunluğu, g/cm^3

M_1 : Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, g

M_2 : Doygun agrega numunesini ve suyu ihtiva eden piknometrenin kütlesi, g

M_3 : Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g

M_4 : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, g

Pw : Deney sıcaklığında su yoğunluğu, g/cm^3

4.2.6. Mekanik Özellikler

Karot alma işlemi, arazi çalışmaları süresince temin edilen çeşitli büyüklüklerde blok ve moloz kireçtaşı örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Karotlar BX (4,20 cm) olmak üzere alınmıştır. Alınan karotlar üzerinde yapılan deneylerin doğru sonuç verebilmesi için karotlar kontrol edilmiş, üzerinde herhangi bir çatlak veya süreksizlik bulunduranlar deney sırasında kullanılmamıştır. Karot

alma ve düzeltme işlemi TS 8614 standartına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Karot alınırken kireçtaşı bloklarının bir kısmında 4,2 cm'lik çapa karşılık gelen karot yüksekliği (8,4 cm) örnek alınırken karot örneklerinin kırılması ya da kesme makinesinde düzeltme yapılırken kırılması nedeni ile elde edilememiştir. Bu nedenle, karot örnekleri tam randımanlı olarak istenilen sayıda alınamamıştır. İncelenen kireçtaşları oluşumu sırasında geçirmiş olduğu tektonizma nedeni ile içerdiği kırık ve çatlaklar etkisiyle küçük ebatlarda belirli sağlamlık sergilemesine rağmen büyük örneklerin alınmasına olanak vermemiş; bu nedenle, tek eksenli basma direnci değerleri nokta yük dayanımı da yapılarak desteklenmek durumunda kalınmıştır.

4.2.6.1. Tek Eksenli Basma Dayanımı

Basma dayanımı, üzerine uygulanan basma yüklerine karşı kayaların kırılmadan önceki dayanma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Deney TS 699 (1987)'da belirtildiği gibi yapılmaktadır (Şekil 4.8). Tek eksenli basma dayanımı değeri eşitlik 4.13 ile hesaplanmaktadır.

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \tag{4.13}$$

σ_b: Taşın basınç mukavemeti (kgf/cm^2)

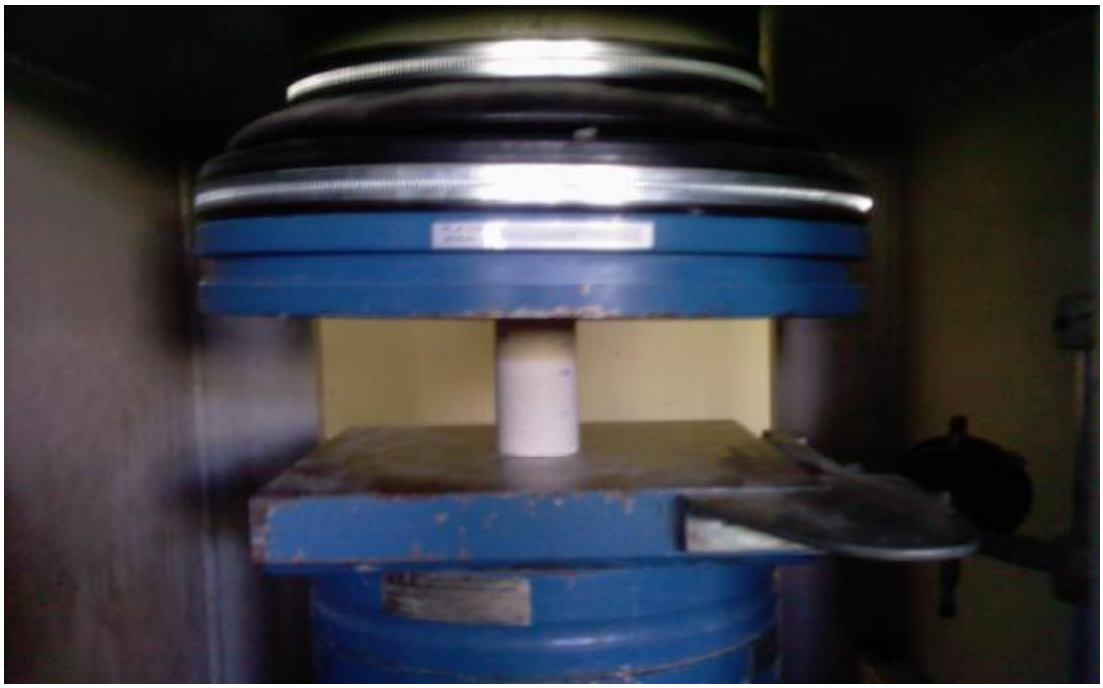
P: Kırılmaya sebep olan en büyük yük (kgf),

A: Taşın yük uygulanan yüzünün alanı (cm^2).

4.2.6.2. Nokta Yük Dayanımı

Bu deney kayaçların dayanımlarına göre sınıflandırılmasında kullanılan nokta yük dayanım indeksinin saptanması amacıyla yapılır. Nokta yükü dayanım indeksi tek eksenli sıkışma ve çekilme dayanımı gibi diğer dayanım parametrelerinin dolaylı olarak belirlenmesinde de kullanılır. Bu deney için silindirik karot örneklerinin yanı sıra, blok ve düzensiz şekilli örnekler de kullanılabilir. Deney TS 699 (1987)'da

belirtildiği gibi yapılmaktadır (Şekil 4.9). Nokta yük dayanımı eşitlik 4.14 ve 4.15 kullanılarak hesaplanmaktadır.



Şekil 4.8. Basınç mukavemeti deneyi için kullanılan ekipman



Şekil 4.9. Nokta yük deneyi

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \tag{4.14}$$

$$F = \left[\frac{D_e}{50}\right]^{0,45} \tag{4.15}$$

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

De = Eşdeğer çap (mm),

P= Yenilme yükü (kN),

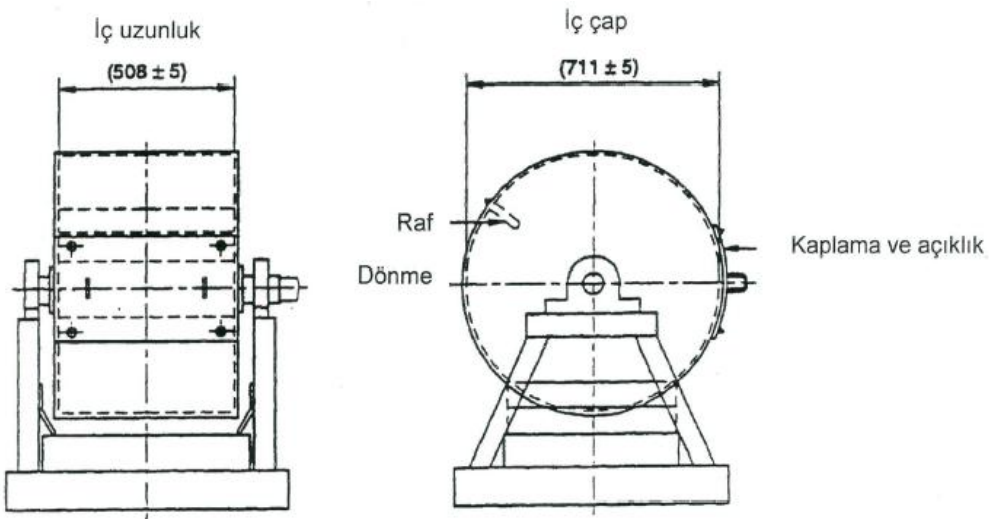
F= Boyut düzeltme faktörü,

I_s =Düzeltilmemiş nokta yük dayanımı (MPa),

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

4.2.6.3. İri Agregaların Parçalanmaya Karşı Direnci

Deney, TS EN 1097-2 standardına göre yapılır. Deneyde kullanılan örnek -14 mm, +12,5 mm aralığındadır ve kütlesi 5000±5 g'dır. İç çapı (711±5 mm) ve iç uzunluğu (508±5 mm) olan tambur şeklindeki Los Angeles deney makinesine (Şekil 4.10) önce bilyeler, sonra deney numunesi konulur, kapak kapatılır ve makine 31-33 dev/dak arasında sabit hızda 500 devir döndürülür. Los Angeles katsayısı (LA) eşitlik 4.16'dan hesaplanmaktadır.



Şekil 4.10. Los Angeles deney makinesi

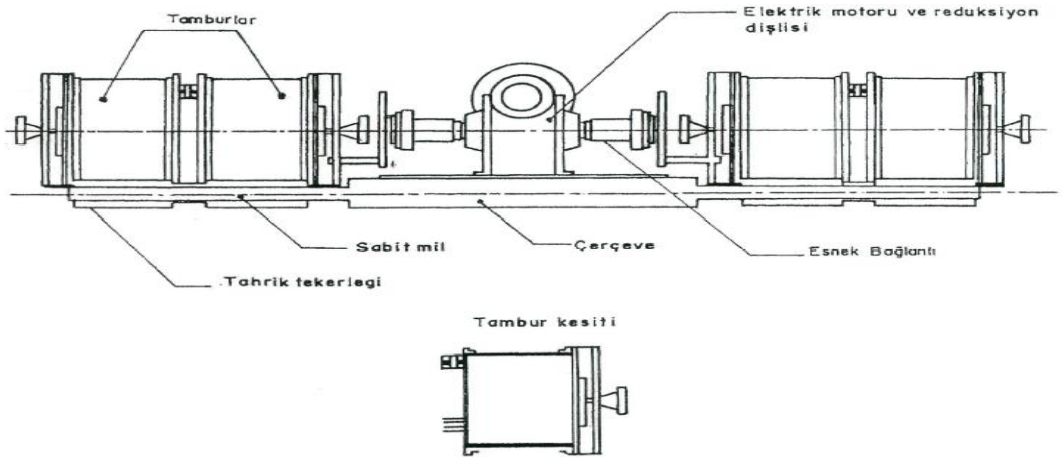
$$LA = \frac{5000 - m}{50} \quad (4.16)$$

LA: Los Angeles katsayısı

m : 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon, g

4.2.6.4. İri Agregaların Aşınmaya Karşı Direnci

Deney, TS EN 1097-1 standardına göre yapılır (Şekil 4.11). Deney numunesi tane büyüklüğü 10 mm ile 14 mm arasında ve kütlesi en az 2 kg olmalıdır. Her bir deney numunesi için Mikro-Deval katsayısı (M_{DE}), 0,1 birim yaklaşımla aşağıdaki eşitlik 4.17 yardımıyla hesaplanır.



Şekil 4.11. Mikro-deval katsayısı deneyi için kullanılan deney cihazı

$$M_{DE} = \frac{500 - m}{5} \quad (4.17)$$

M_{DE}: Mikro-Deval Katsayısı (yaş olarak)

m : 1,6 mm'lik elek üzerinde kalan fraksiyon, g

4.2.6.5. Darbe Dayanımı

Darbe dayanımı, standart boyutlardaki örneklerin belirli bir doğrultuda gelen darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Kireçtaşlarının ve mermerlerin kullanım

alanlarının belirlenmesinde darbe dayanımının bilinmesi önemli bir konu olarak görülmektedir. Darbe dayanımının belirlenmesi için şistozite düzlemine paralel veya dik konumda alınan 40x40x40 mm boyutlarındaki küp örnekler kullanılmaktadır. Örnekler darbe dayanımı deney düzeneğinde örsün üzerindeki örnek yuvasına yerleştirilmekte ve bunun üzerine çelik plaka konularak deney tokmağı eşitlik 4.18 ile hesaplanan yükseklikten düşürülmektedir (TS 699, 1987) (Şekil 4.12). Düşme yüksekliğinin artırılmasına rağmen geri sıçrama miktarı artmaz veya azalırsa, kırılma, çatlama veya pullanma olursa deney numunesi kırılmış sayılır. Bu son darbe, darbe sayısının (n) hesaplanmasında dikkate alınmaz. Darbe dayanımı ise eşitlik 4.19 ile belirlenmektedir.

$$H = 0{,}04.V \qquad (4.18)$$

H: Tokmağın düşme yüksekliği (cm),

V: Deney numunesinin hacmi (cm^3),

$$D_n = n(n+1) \qquad (4.19)$$

D_n: Mermerin darbe dayanımı (Nmm/mm^3),

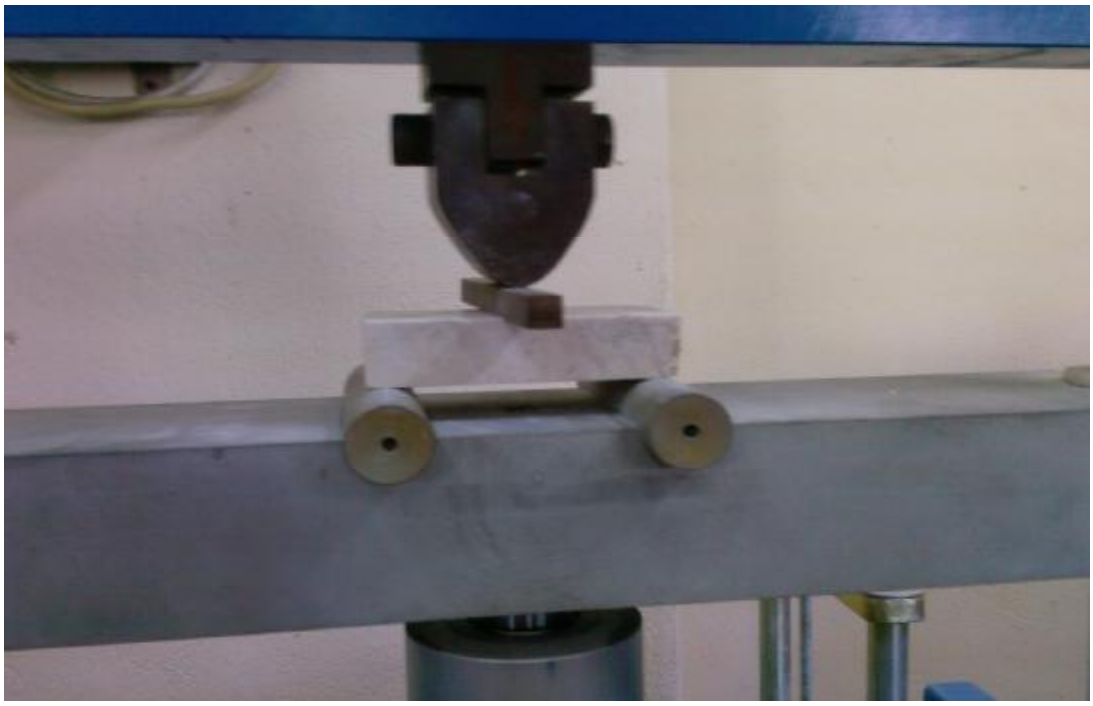
n: Kırılmaya sebep olan darbe sayısı.



Şekil 4.12. Darbe dayanımı deneyi

4.2.6.6. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı, standart boyutlardaki mermerlerin belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. Eğilme dayanımının belirlenmesi için mermer bloklarının tabakalaşma (şistozite düzlemleri) yönü dikkate alınarak 50 mmx100 mmx200 mm boyutlarında numunelerden en az 5 adet hazırlanmaktadır (TS 699, 1987). Şekil 4.13'de eğilme dayanım deneyi için kullanılan ekipman verilmiştir. Deney sırasında bulunan sonuçlar eşitlik 4.20'de yerine konarak eğilme dayanım değeri hesaplanır.



Şekil 4.13. Eğilme dayanımı deneyi

$$\sigma_{eğ} = \frac{3PL}{2bh^2} \tag{4.20}$$

$\sigma_{eğ}$: Mermerin eğilme dayanımı (kg/cm^2),

P: Kırılmaya neden olan en büyük yük (kg),

L: Deney numunesinin mesnetler arasındaki mesafesi (cm),

b: Deney numunesinin genişliği (cm),

h: Deney numunesinin kalınlığı (cm).

4.2.6.7. Aşınma (Böhme) Dayanımı

Deney TS 699 (1987)'de belirtildiği şekilde yapılır (Şekil 4.14). Sürtünme ile aşınma kaybı deneyi en az 5 adet küp deney numunesi (71x71x71 mm) üzerinde yapılır ve deney sonunda deney numunelerinin kalınlıklarında veya hacimlerinde meydana gelen azalmanın ölçülmesiyle belirlenir. Aşınma kaybı, kalınlık azalması cinsinden belirtilecek ise eşitlik 4.21 veya eşitlik 4.22 cinsinden hesaplanır ve bulunan sonuçlar 0,01 cm^3/50 cm^2'ye yuvarlatılarak belirtilir. Aşınma kaybı hacim azalması cinsinden belirtilecek ise; eşitlik 4.23 veya eşitlik 4.24 cinsinden hesaplanır ve bulunan sonuçlar 0,01 cm^3/50 cm^2'ye yuvarlatılarak belirtilir.



Şekil 4.14. Sürtünme ile aşınma kaybı (böhme) deneyi

$$d = d_0 - d_1 \tag{4.21}$$

$$\Delta_d = \frac{V_0 - V_1}{A} \tag{4.22}$$

$$\Delta V = (d_0 - d_1).50 \tag{4.23}$$

$$\Delta V = \left(\frac{V_0 - V_1}{A} \right).50 \tag{4.24}$$

Δ_d= Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm/50 cm^2),

d_0 = Taşın deneyden önceki ortalama kalınlığı (cm),

d_1 = Taşın deneyden sonraki ortalama kalınlığı (cm),

V = Taşın Böhme yüzey aşınma kaybı değeri (cm^3/50 cm^2),

V_0 = Taşın deneyden önceki hacmi (cm^3),

V_1 = Taşın deneyden sonraki hacmi (cm^3),

A = Taşın aşınmaya uygulanan yüzünün alanı (cm^2).

4.2.7. Diğer Özellikler

4.2.7.1. Donma ve Çözülmeye Karşı Direnç Tayini

Donma ve çözülmeye karşı direnç tayini (Magnezyum sülfat deneyi) TS EN 1367-2 (1999)'ye göre yapılır. Her deney numunesinin magnezyum sülfat değeri kütlece yüzde olarak (MS) eşitlik 4.25'e göre hesaplanır.

$$MS = \frac{M_1 - M_2}{M_1}.100 \qquad (4.25)$$

M_1: deney numunesinin ilk kütlesi, ±0,1 g doğrulukla,

M_2: Deneyden sonra 10 mm'lik elekte kalan agreganın nihai kütlesi, ±0,1 g.

4.2.7.2. Gevşek Yığın Yoğunluğu Tayini

Deney TS EN 1097-3 (1999) standardına göre yapılmaktadır. 63 mm tane büyüklüğüne kadar doğal ve yapay agregalar için uygulanır. Gevşek yığın yoğunluğu; belirli bir ölçü kabı içerisindeki sıkışmamış kuru agreganın kütlesinin ölçü kabının hacmine bölünmesi ile elde edilen değerdir (eşitlik 4.26).

$$Pb = \frac{m_2 - m_1}{V} \qquad (4.26)$$

Pb: Gevşek yığın yoğunluğu, megagram/m^3

m_2: Ölçü kabı ve deney numunesinin kütlesi, kg

m_1: Boş ölçü kabı kütlesi, kg

V: Ölçü kabinin hacmi, L

4.2.7.3. Isıl Şoka Karşı Direnç

Isıl şoka karşı direnç deneyi TS EN 1367-5 (2004) standardına uygun olarak yapılmaktadır. Ayrıca kütle kaybının bulunabilmesi için TS EN 1097-2 (2000) Agregaların Parçalanmaya Karşı direnci (LA) standardından da yararlanılmaktadır.

Parçalanma direnci, termal şoka maruz bırakılmış olan deney numunesi kısmı üzerinde, TS EN 1097-2 (2000)'e uygun olarak tayin edilir. Termal şoka maruz bırakıldıktan sonra 5 mm göz açıklıklı elekten geçen miktarın yüzdesi (I) eşitlik 4.27 ile termal şok sebebiyle oluşan mukavemet kaybı (V_{LA}) ise eşitlik 4.28 ile hesaplanmaktadır.

$$I = \frac{M_1}{M_2}.100 \tag{4.27}$$

M_1: Deney numunesi kısmının başlangıçtaki kütlesi, g

M_2: 5 mm göz açıklıklı elekten geçen miktarın kütlesi, g.

$$V_{LA} = LA_2 - LA_1 \tag{4.28}$$

LA_1: EN 1097-2'ye uygun olarak ısıtma yapılmadan tayin edilen Los Angeles katsayısı

LA_2: EN 1097-2'ye uygun olarak termal şoktan sonra tayin edilen Los Angeles katsayısıdır.

4.2.7.4. Asitte Çözünebilen Sülfat Tayini

Agregalarda bulunan sülfatlar betonda şişmeye bağlı hasara sebep olabilmektedir. Belirli şartlar altında agregalarda mevcut olan diğer kükürt bileşikleri, sülfatları oluşturmak üzere beton içinde indirgenebilirler. Asitte

çözünebilen sülfatlar TS EN 1744-1 (2000) standardı madde 12'ye göre tayin edilmektedir. SO_3 olarak ifade edilen, agreganın asitte çözünebilen sülfat muhtevası eşitlik (4.29)'ten hesaplanmaktadır.

$$\text{Sülfat muhtevası (\%)} = \frac{m_7}{m_6}.34{,}30 \qquad (4.29)$$

m_7: Çökeleğin kütlesi, g

m_6: Deney numunesi parçasının kütlesi, g.

4.2.7.5. Suda Çözünebilir Klorür Tayini

Klorürler, miktarları büyük oranda agrega kaynağına bağlı olarak, agregalarda sodyum ve potasyum tuzları halinde bulunabilirler. Bu tür tuzlar, betonun toplam klorür ve alkali muhtevasını arttırır. Betonun ihtiva ettiği metalin korozyon riskini en aza indirmek amacıyla, betondaki bileşen malzemelerin tümünün dikkate alındığı toplam klorür miktarının sınırlandırılması genel bir uygulamadır. Suda çözünebilir klorür tayini TS EN 1744-1 (2000) madde 7'de verilen Volhard Metodu kullanılarak veya madde 9'da verilen Mohr metodu kullanılarak belirlenir. Klorürler, agreganın kütlece yüzdesi olarak klorür iyon muhtevası (C) şeklinde rapor edilir (eşitlik 4.30).

$$C = 0{,}003546.W[V_5-(10.C_T.V_6)] \qquad (4.30)$$

V_5: Gümüş nitrat çözeltisinin hacmi, ml

V_6: İlave edilen ayarlı tiyosiyanat çözeltisinin hacmi, ml

C_T: Ayarlı tiyosiyonat çözeltisinin derişimi, mol/L

W: Su/Agrega oranı (g/g); hafif agregalar için 1000 g/agreganın kütlesi, g.

4.2.7.6. Organik Madde Tayini

Agregaların diğer bileşenleri, betonun priz alma ve sertleşme hızını değiştiren çimento hidratasyon hızını olumsuz olarak etkileyebilir. Organik madde ve şeker tipi

malzemeler, böyle bir etkiye sahip maddelere iki örnektir. Ayrıca bazı kil mineralleri de, kullanıldıkları betonun dayanım gelişme hızını, dayanımını ve dayanıklılığını olumsuz olarak etkiler.

Organik madde mevcudiyeti, TS EN 1744-1 (2000) madde 15.1'e uygun olarak tayin edilmelidir. Sonuçlar, yüksek bir organik madde muhtevasının varlığını gösterirse, fulvo asitlerin mevcudiyet, EN 1744-1 (2000) madde 15.2'ye uygun olarak tayin edilmelidir. Bu deneylerde kullanılan berrak sıvı standard renklerden daha açık ise, agregaların organik madde ihtiva etmediği kabul edilmelidir.

4.2.7.7. Alkali Agrega Reaktivitesi

Bileşiminde belirli mineraller (opal, çört, kalsedon, tridimit, kristobalit, mikro kristalli kuvars, doğal volkanik camlar) bulunan agregalar, betonda oluşan alkali hidroksitlerle reaksiyona girer ve beton genleşmesine neden olurlar. Betondaki alkali miktarı arttıkça ASR potansiyeli de artar. ASR'nin artması sülfat etkileri, tabii don, donma ve çözülmenin etkilerinin hızlanarak artmasına neden olur (Arslan, 2001).

Alkali agrega reaktivitesinin belirlenmesi için, TS 2517 (1977)'ye uygun olarak kayaçtan alınan numune ile deney yapılır. Deney sonucunda agreganın alkali azalması (R_c) ve çözünmüş silis (S_c) değerleri kullanılarak TS 2517 (1977)'de bulunan grafik yardımıyla agreganın alkali reaktivitesi tayininde belirlenen R_c ile S_c arasındaki ilişki belirlenir.

4.2.7.8. Toplam Kükürt Muhtevası

Agregaların ve dolgu agregalarının EN 1744-1 (2000) Madde 11'e uygun olarak tayin edilmiş olan toplam kükürt muhtevası, S cinsinden; havada kurutulmuş yüksek fırın cürufu dışındaki agregalar için %1'i aşmamalıdır. Agregada Pirotin (kararsız bir demir sülfür bileşiği mevcut ise özel tedbirler alınmalıdır. Bu mineralin mevcut olduğu biliniyorsa S cinsinden toplam kükürt muhtevası en çok %0,1 olmalıdır.

EN 1744-1 (2000) Madde 11'e göre deney prensip olarak; bir agrega deney örneği, mevcut kükürt bileşiğini sülfatlara dönüştürmek için brom ve nitrik asit ile muamele edilir. Sülfatlar, $BaSO_4$ olarak çöktürülür ve tartılır. Kükürt muhtevası agreganın kütlece yüzdesi olarak ifade edilir (eşitlik 4.31).

$$S = \frac{m_5}{m_4}.13{,}74 \qquad (4.31)$$

S: agreganın toplam kükürt muhtevası (%)

m_5: çökeleğin kütlesi, g

m_4: deney numunesi parçasının kütlesi, g dır.

4.2.8. Kalsinasyon Çalışmaları

Kireçtaşı örnekleri değişik sıcaklıklarda kül fırınında tutularak CO_2 çıkışına bağlı olarak $CaCO_3$'ün CaO'ya dönüşüm yüzdesini kütlece belirlemek amacıyla fırın öncesi ve fırın sonrası örnekler tartılarak aradaki ağırlık farkı belirlenmeye çalışılmaktadır. Analiz sonuçları ise eşitlik 4.32'ye göre hesaplanmaktadır.

$$\text{Ağırlık Farkı} = \frac{C - D}{B - D}.100 \qquad (4.32)$$

D : Krozenin kütlesi (g)

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

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

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bölge kireçtaşları yoğunluklu olarak inşaat ve yol yapımında kullanıldığından öncelikle TS 706 EN 12620+A1 (2009) Beton Agregaları ile TS EN 13043 (2004) Yollar, Havaalanları ve Trafiğe Açık Diğer Alanlardaki Bitümlü Karışımlar ve Yüzey Uygulamalarında Kullanılan Agregalar, standartlarına göre kullanılacak agregalar incelenerek uygunluğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda agrega tane sınıflarının geometrik özellikler; agrega tane sınıfları, tane büyüklüğü dağılımları, çok ince malzeme muhtevası, çok ince malzemelerin kalitesi-metilen mavisi, iri agregaların tane şekli-yassılık indeksi; fiziksel özellikler; tane yoğunluğu ve su emme oranları, yığın yoğunlukları, iri agregaların kırılmaya karşı direnci; Kimyasal özellikler; klorürler, iri agregaların donma-çözülmeye karşı direnci, asitte çözülebilen sülfat, toplam kükürt, ısıl şoka karşı direnç incelenmektedir.

Çimento üretiminde kullanılan ana hammaddeler jeolojide sedimenter kayaçlar olarak bilinen kireçtaşı, kil ve marndır. Klinker üretiminin ana komponentleri olan CaO için kalker (kireçtaşı); SiO_2, Al_2O_3, ve Fe_2O_3 için de kil mineralleri temel kaynaklardır. Çimento üretiminde kullanılacak hammaddelerin uygunluk dereceleri onların kimyasal bileşimleri ile orantılıdır. Kireçtaşı bileşeni için kireç standardı bir kriter olarak kullanılmaktadır. Bölge kireçtaşlarının, çimento hammaddesi olarak kullanılabilirliği araştırılarak uygun olup olmadığı belirlenmiştir.

Mendirek-liman yapımlarında, dere ıslahlarında kullanılan çeşitli ebat ve ağırlıklardaki blok taş ile, inşaat sektöründe kullanılan (istinat duvarı vb.) yapı taşları için kaya yoğunluğu, su emme, don kaybı, donma çözünme kaybı, metilen mavisi, basma dayanımı, nokta yükleme indeksi, ıslak dinamik ezilme değeri, blok bütünlüğü deneyleri yapılarak yılankale kireçtaşlarının dolgu bloğu olarak ve yapı taşı olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Yılankale Mevkii kireçtaşlarından bölgeyi temsil edecek şekilde araziden örnekler alınmış kireçtaşlarının kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi amacı ile en az 10 adet örnek analiz edilmiş; fiziksel özellikler için alınan her örnek bloğundan en az 5 beş adet deney örneği hazırlanmış; mekanik deneylerden tek eksenli basma, nokta yük ve eğilme dayanımı için deney standardında belirtildiği şekilde en az 7 adet örnek ve böhme aşınma deneyi için en az 3 adet örnek hazırlanarak deneylerde

kullanılmıştır. Bulunan sonuçlar ise ortalama değer olarak sapmalarıyla birlikte çizelgelerde verilmiştir. Kalsinasyon deneyleri için her bir sıcaklıkta bölgede bulunan kireçtaşlarını temsil edecek şekilde örnekler üzerinde deneyler yapılmıştır.

5.1. Kimyasal Analiz

Örneklerin kimyasal analizleri XRF (Siemens SRS 300 X-ray Fluoresans Spectrometer)'le yapılmış ve analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Kireçtaşlarının kimyasal analiz sonuçları (%)

CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	Kızdırma Kaybı
54,70±0,35	0,94±0,58	0,55±0,31	0,11±0,05	0,08±0,06	43,62±0,53

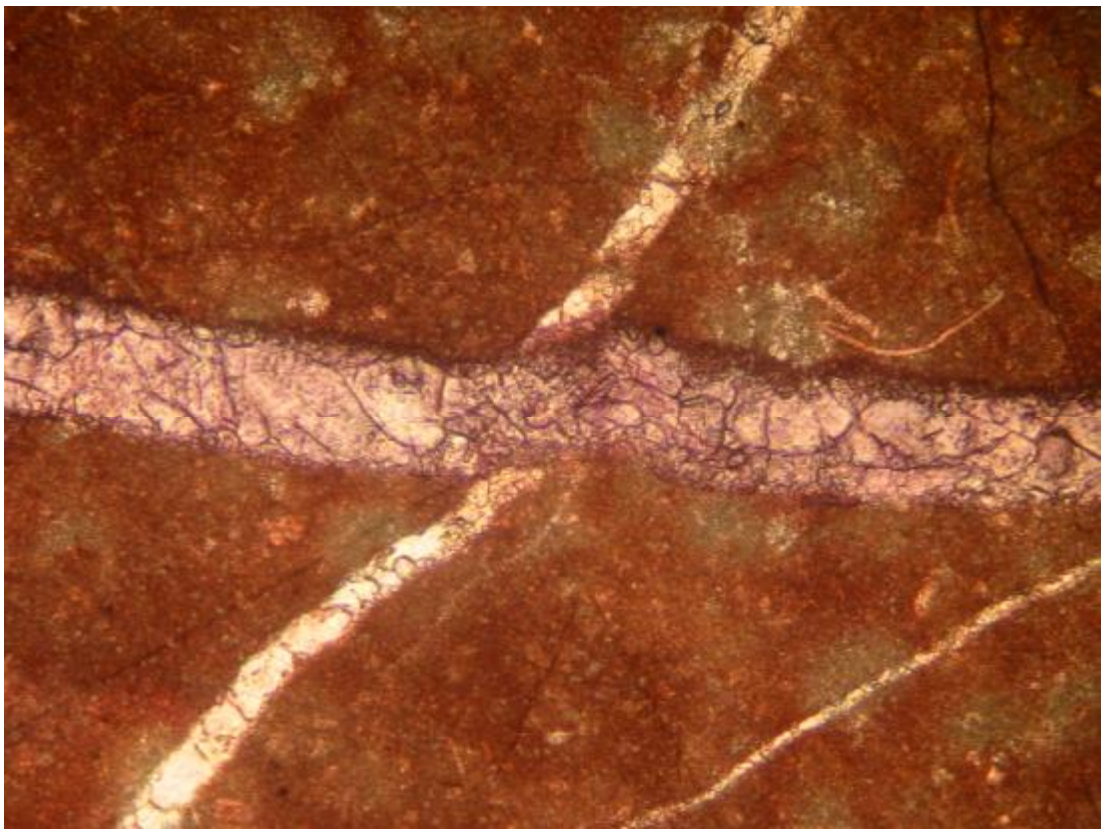
Yılankale Mevkii kireçtaşı örnekleri ortalama %97 $CaCO_3$ içermektedir. Buna göre kayaç kireçtaşıdır. Bünyesindeki safsızlık oranları oldukça düşüktür. Kireçtaşında bulunan safsızlıkların (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3) ve MgO oranının oldukça düşük olması, kullanım alanları ve dolayısıyla pazarlanması açısından avantaj yaratacaktır.

5.2. Petrografik İnceleme

Yılankale-Misis yöresi kireçtaşlarının gözle bakıldığında ince kristalin bir yapıda olduğu görülmektedir. 0-4 mm ebadındaki örnekler açık renkli, diğer ebatlardaki örnekler (4-10 mm, 10-20 mm) açık mavimtırak ve gri renklidir. Nadiren iri boyuttaki (4-10 mm, 10-20 mm) örnekler içinde FeO tarafından sıvanma sebebiyle açık kiremit kırmızısı taneler görülmektedir.

Kireçtaşı örneklerinden hazırlanan 0,02 mm kalınlığındaki ince kesitler üzerinde yapılan incelemelerde kireçtaşlarının Üst Eosen-Oligosen yaşlı denizel bir matriks (Bulgurkaya Olistostromu) (Kozlu, 1997) içerisinde yer alması nedeniyle kireçtaşları rekristalize özellikte olduklarından incelemeler sırasında fosillere

rastlanmamıştır. Kesitlerin kalsit minerallerinden yapılı olduğu ve opak mineral miktarının ise %1'den az olduğu tespit edilmiştir. Kalsitlerin iki farklı dönemde oluştuğu belirlenmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Kireçtaşı ince kesit görüntüsü (4x10, p.ı.)

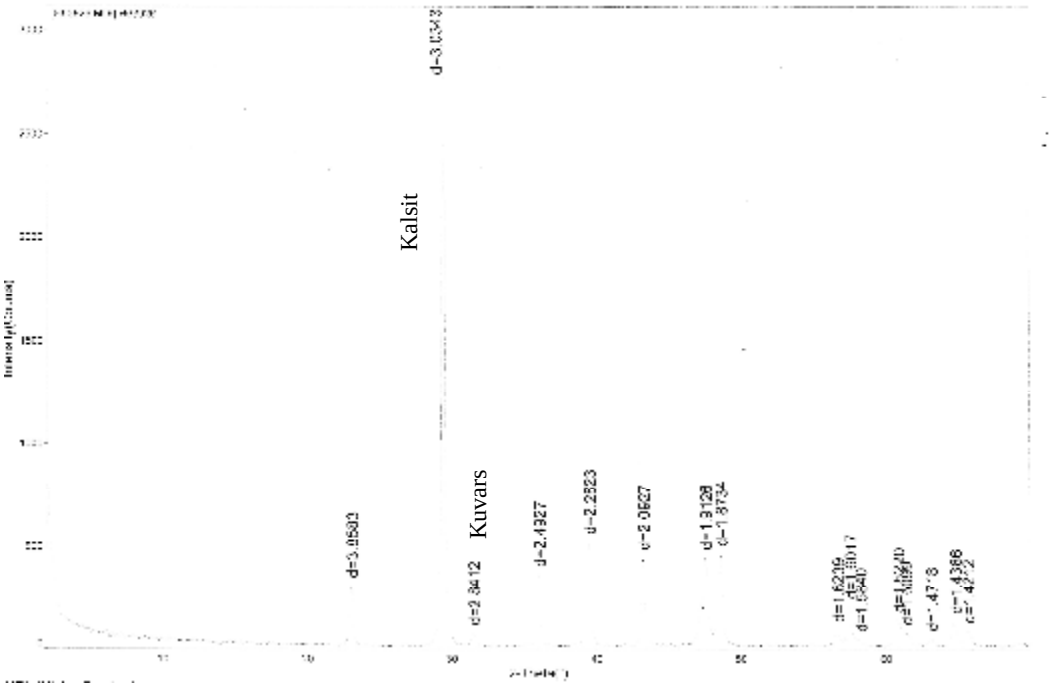
5.3. Kalitatif Mineralojik Analiz

Örnekler üzerinde MTA tarafından Rigaku DMAX III C XRD cihazı ile yapılan faz (mineralojik) analiz sonucunda kireçtaşı örneklerinin kalsitten oluştuğu ve bünyelerinde de az miktarda kuvars bulunduğu belirlenmiştir (Şekil 5.2).

5.4. Fiziksel Özellikler

Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan kireçtaşı örnekleri birim hacim ağırlık, ağırlıkça su emme oranı ve gözeneklilik (porozite)

belirleme deneylerine tabii tutulmuştur. Deney sonuçlarına göre uygun bağıntılar kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Kireçtaşına ait x-ışını difraktometre analiz sonucu

Çizelge 5.2. Kireçtaşlarının fiziksel özellikleri

Birim Hacim Ağırlık (g/cm^3)	Su Emme Oranı (Ağırlıkça) (%)	Porozite (%)
2,68±0,12	0,19±0,09	0,50±0,16

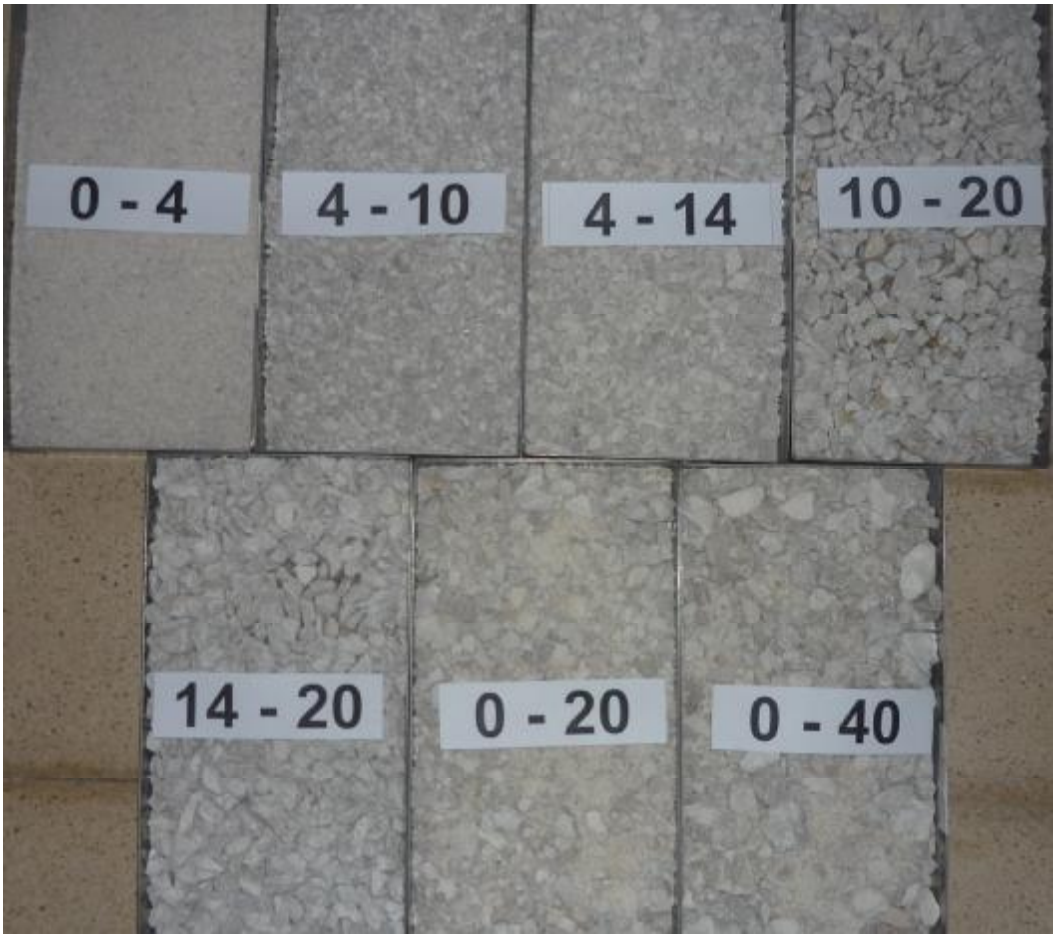
Deneyler sonucunda kireçtaşı örneklerinin birim hacım ağırlığının >2,55 g/cm^3, porozitelerinin Tarhan (1989)'a göre çok kompakt kaya (<%1) sınıfında yer aldığı belirlenmiş ve ortalama ağırlıkça su emme oranının TS 2513'a göre sınır değeri (<%1,80) sağladığı görülmüştür.

5.5. Geometrik Özellikler

Stok sahasından alınan agregalar üzerinde laboratuarda geometrik özellik belirlemeye yönelik olarak tane boyutu dağılımı, ince malzeme kalitesi belirleme ve yassılık endeksi deneyleri yapılmıştır.

5.5.1. Agrega Tane Sınıfları

Yılankale kireçtaşlarından üretilen agregaların tane boyutları (Şekil 5.3) standartlara uygun olarak yapılan deneylerle belirlenmiştir (Çizelge 5.3). Bu sonuçlar TS 706 EN 12620+A1 ve TS EN 13043 standartlarına göre değerlendirildiğinde Çizelge 5.3 deki agrega sınıflarının Temel Elek Serisi+ Seri 1'e uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca TS 7043 EN 13450 demiryolu balastları olarak seçilen agrega sınıfları da agrega tane sınıfı standartlarına uygundur.



Şekil 5.3. Agrega tane boyutları

Çizelge 5.3. Agrega tane sınıfları

Standartlar	Agrega tane sınıfları (mm)						
TS 706 EN 12620+A1	0-4	4-10	10-20	4-14	14-20	20-40	
TS EN 13043	0-4	4-10	10-20	10-14	14-20	0-20	0-40
TS 7043 EN 13450	31,5-50	31,5-63					

5.5.2. Tane Büyüklüğü Dağılımı ve Çok İnce Malzeme İçeriği

Yılankale mevkii kireçtaşlarına ait agrega örnekleri üzerinde standardına göre hazırlanmış ince ve iri agregaların (Şekil 5.4) tane büyüklüğü dağılımı Çizelge 5.4-5.6'da verilmiştir.

Seçilen tane sınıfları üzerinde yapılan tane büyüklüğü dağılımı ve çok ince malzeme muhtevası deney sonuçları Çizelge 4.4'e göre değerlendirilmiştir ve tane sınıflarının standartlarda istenilen şartları sağladıkları tespit edilmiştir. İri agregalarda ince malzeme muhtevasının istenilen alt limit %≤1,5 değerine göre uygun olduğu görülmüştür. İnce ve karışık agregalarda ise ince malzeme muhtevasının %3'ün üzerinde olması nedeni ile çok ince malzemenin kalitesini değerlendirmek amacıyla ayrıca metilen mavisi deneyi de yapılmıştır.



Şekil 5.4. İnce ve iri agrega tane boyutları

Çizelge 5.4. TS 706 EN 12620+A1 (2009) Beton agrega numunelerinin tane büyüklüğü dağılımı tayini

Elek Boyutları	0-4 mm	4-10 mm	4-14 mm	10-20 mm	14-20 mm	20-40 mm
	Geçen %	Geçen %	Geçen %	Geçen %	Geçen %	Geçen %
2D	100	100	100	100	100	100
1,4D	100	100	100	100	100	100
D	95,9	99,1	100	99,6	98,8	98.8
Orta Göz açıklıklı elek	yok	yok	40	10,6	Yok	Yok
d	--	2	11		14	14
d/2	--		2,3		2,1	2.1
1	25,5					
0,25	13,6					
0,063	10,2	0,85	0,80	0,7	0,75	0,45

Çizelge 5.5. TS EN 13043 (2004) yol agregası numunelerinin tane büyüklüğü dağılımı

Elek Boyutları	0-4 mm	4-10 mm	10-14 mm	10-20 mm	14-20 mm	0-20 mm	0-40 mm
	Geçen %	Geçen %	Geçen %	Geçen %	Geçen %	Geçen %	Geçen %
2D	100	100	100	100	100	100	100
1,4D	100	100	100	100	100	100	100
D	90	96	95	100	98	100	100
Orta göz açıklıklı elek	D/2 55	D/d=2,5 7,1 mm 58	Yok	D/d=2 14 mm 32	Yok	D/2 79	D/2 84
d	-	6	16	8	20	-	-
d/2	-	1,5	1	2	1	-	-
0,063	9,2	0,8	0,5	0,5	0,45	7,1	7,4

Çizelge 5.6. TS 7043 EN 13453 demiryolu balastları için agregalarının tane büyüklüğü dağılımı

Elek boyutları	31,5-50 mm	31,5-63mm
	Geçen %	Geçen %
80	100	100
63	100	98
50	85	72
40	57	38
31,5	20	22
22,5	2	1,5
0,5	0,8	0,85
0,063	0,5	0,5

Demiryolu balastlarına yapılan tane dağılımı analizlerine göre her iki tip malzemenin de Çizelge 4.3'deki demiryolu balastları tane büyüklüğü dağılımı için genel şartları sağladığı görülmüştür. İnce malzeme ve çok ince malzeme içeriği standartlara göre %1'in altında olduğundan ince taneler ve çok ince tanelerin zararsız olduğu kabul edilebilecektir.

5.5.3. İnce Malzemenin Kalitesi, Metilen Mavisi Deneyi

Yılankale mevkii kireçtaşlarından 0-2 mm ve 0-0,125 mm aralığında hazırlanan ince ve karışık agregalar üzerinde TS EN 933-9 (2001) standardına göre

metilen mavisi deneyi yapılmış ve ince malzeme kalitesini gösteren deney sonuçları Çizelge 5.7'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre MB değerinin ≤1,5 olması ve MB_F değerinin ≤ 10 olması ince malzemenin kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.7. Kireçtaşı agrega numunelerinin metilen mavisi değeri

0-2 mm	MB değeri	Ort MB Değeri
1. Numune	1,06	1.05
2. Numune	0,95	
3. Numune	1,14	
0-0,125 mm	MB_F değeri	Ort MB_F Değeri
1. Numune	5	4,72
2. Numune	4,5	
3. Numune	4.65	

5.5.4. Tane Şekli Tayini-Yassılık Endeksi

Ceyhan Yılankale mevkii kireçtaşlarına ait iri agrega örnekleri üzerinde TS 9582 EN 933-3 (1999) standardına göre hazırlanmış ve bulunan tane şekli yassılık endeksi değerleri Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Deneyler sonucunda 4-10 mm tane boyutu dışındaki tüm sınıfların yassılık endeksi değerlerinin %15'in altında olduğu tespit edilmiştir. Bölge kireçtaşlarının beton ve yol agregaları için uygun değer kabul edilen ≤35 şartını fazlasıyla sağladığı ve demiryolu balastı olarak da kullanılabileceği saptanmıştır.

Çizelge 5.8. Agrega numunelerinin tane boyutlarına göre yassılık endeksi

Tane Boyutu (mm)	Yassılık endeksi
4-10	15,28
10-20	12,13
10-14	11
4-14	12,0
14-20	11,5
20-40	9
31,5-50	13
31,5-63	12,5

5.5.5. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranları

Kireçtaşlarının tane yoğunluğu ve su emme oranlarını belirlemek amacıyla TSE muayene EN 1097-6 (2002)'ya göre deneyler yapılmış ve bulunan sonuçlar Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Agregaların tane yoğunlukları ve su emme değerleri

Agrega Tane Sınıfı		Özgül Ağırlık (gr/cm^3)	Su Emme (%)
0-4 mm		Pa=2,73 Prd=2,63 Pssd=2.67	1,39
4-10 mm		Pa=2,74 Prd=2,69 Pssd=2.70	0,67
10-20 mm		Pa=2,72 Prd=2,68 Pssd=2.70	0,55
4-14 mm		Pa=2,73 Prd=2,68 Pssd=2.70	0,70
10-14 mm		Pa=2,72 Prd=2,67 Pssd=2.70	0,45
14-20 mm		Pa=2,72 Prd=2,68 Pssd=2.70	0,51
20-40 mm		Pa=2,72 Prd=2,69 Pssd=2,70	0,40
0-20 mm	0-4 mm	Pa=2,74 Prd=2,66 Pssd=2.71	1,20
	4-20 mm	Pa=2,71 Prd=2,67 Pssd=2.70	0,47
0-40 mm	0-4 mm	Pa=2,72 Prd=2,69 Pssd=2.70	1,25
	4-40 mm	Pa=2,72 Prd=2,67 Pssd=2.70	0,65

Standarda göre beton agregalarındaki ince agregalarda su emme oranı %≤3 ve iri agregalarda su emme oranı %≤1,5 olmalıdır. Çizelge 5.9'da belirtilen kireçtaşlarının tane yoğunluğu ve su emme oranları standartta belirtilen değerlerle örtüşmektedir. Bölgedeki beton santrallerinin istediği agregalarının tane yoğunluğu ince agregalarda en az 2,62 g/cm^3, iri agregalarda ise en az 2,68g/cm$^{3'}$dir. Bulunan değerler kireçtaşlarının bölgede yer alan beton santrallerinin kullanımı için uygun olduğunu göstermektedir.

5.6. Mekanik Özellikler

Araziden alınan ve standartlara uygun bir şekilde hazırlanan kireçtaşı örnekleri üzerinde tek eksenli basma dayanımı, nokta yük dayanımı, darbe dayanımı, eğilme dayanımı, böhme aşınma dayanımı ve Los Angeles aşınma dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre uygun bağıntılar kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Kireçtaşlarının mekanik özellikleri

Tek eksenli basma dayanımı (MPa)	Nokta yük dayanımı (MPa)	Darbe dayanım (Kg.cm/cm^3)	Eğilme dayanımı (Kg/cm^2)	Böhme dayanımı (cm^3/50 cm$^{2)}$
54,95±3,9	4,28±1,08	9±2	131,52±14,21	5,181±0,36

Karot alınırken kireçtaşı bloklarının bir kısmında 4,2 cm'lik çapa karşılık gelen karot yüksekliği (8,4 cm) örnek alınırken karot örneklerinin kırılması ya da kesme makinesinde düzeltme yapılırken kırılması nedeni ile elde edilememiştir. Bu nedenle, karot örnekleri tam randımanlı olarak istenilen sayıda alınamamış ve tek eksenli basma direnci değerleri nokta yük dayanımı değerleri de bulunarak desteklenmek durumunda kalınmıştır (Şekil 5.5-5.6). Darbe dayanımı ve böhme aşınma dayanımı deneyleri için 40x40x40 mm ile 71x71x71 mm'lik küplerin hazırlanması sırasında da küp örneklerin kesim sırasında kırılması nedeni ile standartta istenen örnek sayısının elde edilmesinde güçlük çekilmiştir.



Şekil 5.5. 40x40x40 mm ebatlarındaki küplerin görünümü



Şekil 5.6. 71x71x71 mm ebatlarındaki küplerin görünümü

Eğilme dayanımı için hazırlanması gereken 20x10x2 cm'lik örnekler kireçtaşının kesim sırasında kırılarak bu boyuta izin vermemesi nedeniyle

10x10x2 cm olacak şekilde hazırlanmıştır. Eğilme deneyi sonucunda elde edilen eğilme dayanımı değerleri standartlara uygun (>50 kg/cm^2 (TS 2513, 1977; TS 1910, 1977)) olmasına rağmen örnek boyutu kesim sırasında örneklerin kırılması nedeniyle boy kısaltılarak elde edilmiştir.

Yılankale Mevkii'nden alınan örneklerin 500 devir sonundaki Los Angeles parçalanmaya karşı direnci %25,8 olarak bulunmuştur. Bu değer TS 706 EN 12620'e göre beton agregası olarak kullanılabilecek kireçtaşları için sınır değeri (Los Angeles agregaların parçalanmaya karşı direnci) ≤%30 sağlamaktadır. İri agregaların aşınmaya karşı direnci (mikro-deval katsayısı), EN 1097-1'e uygun olarak 14,4 olarak bulunmuştur.

5.7. Diğer Özellikler

5.7.1. İri Agregaların Donma ve Çözülme Etkisine Karşı Direnci

Yılankale mevkiinden alınan numunelere TS EN 1367-2 (1999)'e uygun olarak hazırlanan deney numunesi üzerinde gerçekleştirilen deney sonucunda bulunan donma ve çözünme sonrası kütlece kayıp değeri (MS) %6,2 (MS18) olarak bulunmuştur. Bulunan değer ≤18 (MS18) olduğundan numunelerin agrega olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

5.7.2. Gevşek Yığın Yoğunluğu

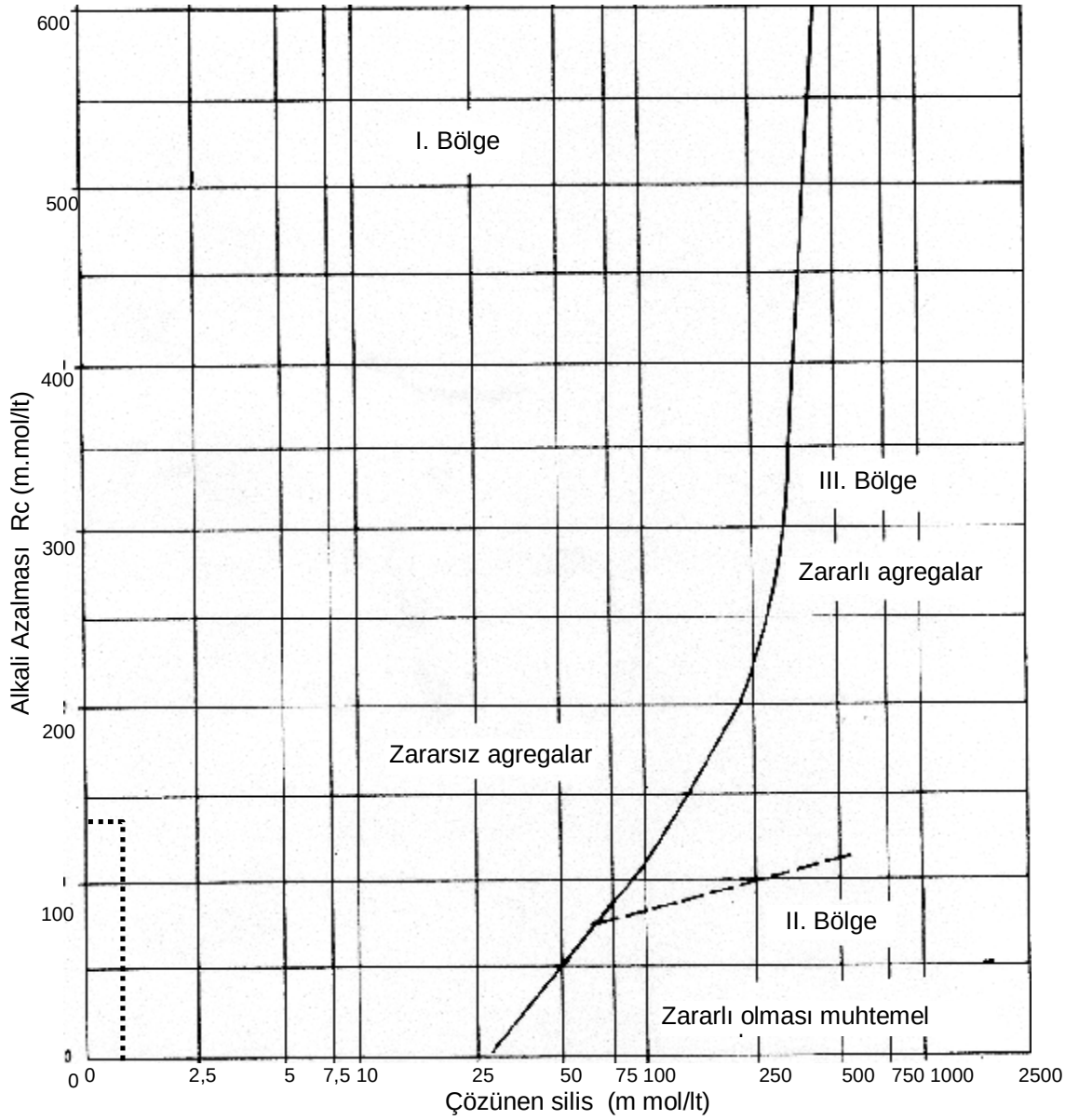
Gevşek yığın yoğunluğu belirleme çalışmaları TS EN 1097-3 (1999)'e göre yapılmış ve deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 5.11'de verilmiştir. Yığın yoğunluklarının agrega boyutu inceldikçe arttığı, irileştikçe düştüğü ve ince ve iri agregalardan oluşan karışık agregalarda ise arttığı görülmektedir.

Çizelge 5.11. Agregaların gevşek yığın yoğunlukları

Tane Boyutu (mm)	0-4	4-10	10-20	10-14	4-14	14-20	20-40	0-20	0-40
Yığın Yoğunluğu (g/cm^3)	1,66	1,34	1,31	1,32	1,33	1,31	1,31	1,73	1,75

5.7.3. Alkali Silika Reaktifliği

Agregaların alkali-slika reaktifliğinin harç çubuklarının hızlandırılmış metodu ile tayini yapılmıştır. Deneyler sonucunda Alkali Azalması (R_c)= 130 m.mol/lt ve Çözünen Silis (SiO_2)= 1.3 m.mol/lt olarak bulunmuştur (Şekil 5.7). Bulunan değer, bölgedeki beton santrallerinin istediği Şekil 5.7'de verilen I. Bölge'de belirtilen değerler içerisinde yer almaktadır.



Şekil 5.7. Alkali–slika reaktifliği

5.7.4. Isıl Şoka Karşı Direnç

Isıl şoka karşı direnç EN 1367-5'e 10-14 mm aralığındaki malzemede kütle kaybı (I) %0,4, mukavemet kaybı (V_{LA}) 3,5 olarak bulunmuştur. Bulunan değerler kireçtaşlarının bitümlü bağlayıcılarla birlikte yol yapımında kullanılmaya uygun özellikte olduğunu göstermektedir.

5.7.5. Asitte Çözünebilen Sülfat Tayini

TS EN 1744–1 (2000)'e uygun olarak gerçekleştirilen deney sonucunda bulunan Asitte Çözülebilen Sülfat değeri %0,006 olarak bulunmuştur. TS 706 EN 12620+A1 (2009) standardına göre $AS_{0,2}$ kategorisinde olan Ceyhan Yılankale mevkii agregalarının asitte çözünebilen sülfat miktarı bölgedeki beton santrallerinde istenilen $\leq$%0,4 değerini sağlamaktadır.

5.7.6. Suda Çözünebilir Klorür Tayini

TS EN 1744–1(2000)'e uygun olarak hazırlanan deney numunesi üzerinde gerçekleştirilen deney sonucunda bulunan Klor değeri %0,0012 olarak bulunmuştur. Bölgede istenilen % klor değeri <%0,01 şartını sağlamaktadır**.**

5.7.7. Organik Madde Tayini

TS EN 1744–1 (2000)'e uygun olarak gerçekleştirilen deney sonucunda Yılankale mevkii kireçtaşlarında organik madde tespit edilmemiştir.

5.7.8. Toplam Kükürt

Beton Agregalarında havada soğutulmuş yüksek fırın cürufu dışındaki agregalar için toplam kükürt %1'i aşmamalıdır. Agregada kararlı bir demir sülfür bileşiği mevcut ise özel tedbirler alınmalıdır. Bu mineralin mevcut olduğu biliniyorsa

S cinsinden toplam kükürt muhtevası en çok %1 olmalıdır. Deneyler sonucunda EN 1744-1 (1998) madde 11'e göre toplam kükürt miktarı %0,012 olarak bulunmuştur.

5.8. Kalsinasyon Çalışmaları

Yılankale mevkii kireçtaşı örneklerini (-0,5 mm boyutunda ~10 g) kirece tamamen dönüştürmek; yumuşak pişmiş tipte kireç elde etmek için kül fırınında 1 saat süre ile 1000 °C sıcaklıkta bekletmenin yeterli olduğu önceki dönemlerde yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Kılıç, 2005). Bu nedenle, kalsinasyon deneyleri sırasında kullanılacak kireçtaşının boyutu, miktarı, kalsinasyon süresi ve sıcaklığını belirlemeye yönelik olarak ayrıca deneyler yapılmamıştır.

Yapılan kalsinasyon deneyleri sırasında 1-1,5 cm boyutunda 10 g kireçtaşı örneği için ~950 °C fırın sıcaklığında kirece dönüşümün tamamlandığı ~1000 °C sıcaklıkta ise, rekarbonizasyonun (tekrar karbonatlaşma) başlayarak ortama geçen CO_2'nin kireç (CaO) bünyesine girmeye başladığı görülmüştür (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12. Kireçtaşlarının kirece (CaO) dönüşümü

Sıcaklık (°C)	Misis Yılankale Kireçtaşlarının CaO'ya Dönüşümü (%)
800	20,45
850	30,45
900	46,27
950	55,84
1000	56,12

6. SONUÇLAR

Yılankale mevkii kireçtaşlarından patlatma sonrasında blok numuneler alınmış ve bu numuneler üzerinde gerçekleştirilen kimyasal analiz sonuçlarına göre ortalama olarak yatağı temsil eden örnekler seçilerek, petrografik, mineralojik, fiziksel, geometrik, mekanik ve kalsinasyon özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hazırlanmış ve deneylerde kullanılmıştır.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre kireçtaşlarının $CaCO_3$ oranının %97'den büyük olması, safsızlık (SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3) oranlarının oldukça düşük olması; özellikle Fe_2O_3 oranının çok düşük olması, bu kireçtaşlarından kireç elde edilebileceğini ve elde edilecek kireçlerin kalitesini ve beyazlığını da olumlu yönde etkileyeceği söylenebilmektedir.

Mikroskop ve gözle yapılan petrografik değerlendirmelere dayanarak söz konusu kireçtaşı numunelerinin ince kristalli olması nedeniyle kireç fırınlarında problemsiz bir şekilde pişirilebileceği, mekanik dayanımlarının yüksek olacağı ve iri kristalli kireçtaşlarına nazaran daha az büzülme göstereceği ve elde edilecek kirecin reaktivitesinin iyi olacağı söylenebilmektedir. Kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemeler de kimyasal analiz sonuçlarını pekiştirmektedir.

Yapılan faz (mineralojik) analizler sonucunda bölge kireçtaşı örneklerinin kalsit minerallerinden oluştuğu, bünyelerinde de az miktarda kuvars bulunduğu belirlenmiştir. Bu analizler de kimyasal analiz ve petrografik inceleme sonuçlarını doğrular niteliktedir.

Kireçtaşlarının ortalama birim hacim ağırlık değeri 2,68 gr/cm^3, ortalama ağırlıkça su emme oranı %0,19 ve porozitesi %0,50 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre Yılankale kireçtaşları, birim hacim ağırlık sınır değeri (>2,55 gr/cm^3), ağırlıkça su emme sınır değeri (<%1,80) ve porozite (<%1) şartlarını sağlaması nedeni ile TS 2513'e göre kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için gerekli fiziksel özellikleri taşımaktadır.

Kireçtaşlarının ortalama tek eksenli basınç değeri 54,95 MPa, nokta yük dayanımı 4,28 MPa, eğilme direnci 131,52 kg/cm^2, ortalama böhme yüzeysel aşınma direnci 5,18 cm^3/50cm^2, ortalama darbe dayanımı 9 kg/cm^2 olarak bulunmuştur. Bu

değerlere göre Yılankale kireçtaşlarının TS 2513'e göre kayaçların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için gerekli tek eksenli basınç direnci (>50 MPa) sınır değerini taşıdığı, eğilme direnci (>50 kg/cm^2) sınır değerini taşıdığı ve böhme yüzeysel aşınma direnci (<15 cm^3/50cm^2) sınır değerini taşıdığı, darbe dayanımı (>6 kg/cm^2) sınır değerini taşıdığı belirlenerek standart için gerekli mekanik özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir. Los Angeles aşınma değerleri kireçtaşlarının beton agregası olarak değerlendirilebileceğini ve kireçtaşlarının sık bir dokuya sahip olduğunu ve dolayısıyla kireç üretiminde tercih edilen bir cins olduğunu göstermektedir.

Bölge kireçtaşları üzerinde TS 706 EN 12620+A1 (2009) beton agregaları, TS EN 13043 (2004) yol agregaları, ve TS 7043 EN 13450 demiryolu balast agregaları standartlarında istenildiği şekilde yapılan geometrik analiz ve diğer analizler neticesinde elde edilen sonuçların bölgedeki beton santrallerinin ve yol şartnamelerinin istediği özellikleri sağladığı görülmektedir.

Gevşek yığın yoğunluklarının agrega boyutu inceldikçe arttığı, irileştikçe düştüğü ve ince ve iri agregalardan oluşan karışık agregalarda ise arttığı görülmektedir.

Yılankale kireçtaşlarının donma ve çözünme sonrası kütlece kayıp değerinin (MS) ≤18 (MS18) olması kireçtaşlarının agrega olarak kullanılabileceğini göstermektedir. 0-14 mm aralığındaki malzemede kütle kaybının %0,4, mukavemet kaybının 3,5 olarak bulunması kireçtaşlarının bitümlü bağlayıcılarla birlikte yol yapımında kullanılmaya uygun özellikte olduğunu ve kireçtaşlarının ısıl şoka karşı dirençli olduğunu göstermektedir.

Yılankale mevkii agregalarının asitte çözünebilen sülfat miktarı bölgedeki beton santrallerinde istenilen ≤%0,4 değerini sağlamaktadır. Kireçtaşları TS 706 EN 12620+A1 (2009) standardına göre $AS_{0,2}$ kategorisindedir.

Yılankale mevkii kireçtaşlarında beton için zararlı olan klor içeriği (<%0,01) ve toplam kükürt miktarı (<%1) oldukça düşüktür. Ayrıca organik madde tespit edilmemesi kireçtaşlarının beton agregası olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Kalsinasyon deneyleri sonucunda örneklerin (1x1,5 cm) literatürde belirtilen süre ve sıcaklıkta kolaylıkla kirece dönüşmesi nedeni ile kireçtaşlarının kireç üretimi için uygun olacağı belirlenmiştir.

Deneylerden elde edilen sonuçlar ışığında Yılankale kireçtaşlarının inşaat ve yapıda, kireç ve çimento üretiminde, kağıt sanayinde, tarım sektöründe, metalürjide, şeker ve kimya sanayinde, kömür ocaklarında ve baca gazı arıtımında kullanım için uygun olabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

AKIN, H., 2007. Kokar Pınar Kaynağının (Ceyhan-Adana) Hidrojeokimyasal Değerlendirilmesi, ÇÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 49, Adana.

ARSLAN, M,. 2001. Beton (Dökümü, Kalıpları, Kusurları, Dayanıklılığı). Atlas Yayın, 237 s, İstanbul.

AYHAN, A., PAPAK, İ., BİLGİN, A.Z., 1988. Kozan-Ceyhan-İmamoğlu (Adana) Civarının Jeolojisi M.T.A. Rapor no : 2361.

BASKIN, M.Z., 2009. Maden Ocakları Açılırken Alınması Gereken İzinler Ve Yılankale (Ceyhan) Taş Ocaklarındaki Uygulama, ÇÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 74, Adana.

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

BİLGİN, A.Z., ELİBOL, E., BİLGİN, Z.R., BEĞENİLMİŞ, S., 1981. Ceyhan, Karataş, Yumurtalık, Osmaniye, Haruniye, Kadirli Dolayının Jeolojik Raporu M.T.A. Rapor no 176, Ankara.

BOYNTON, R., S., 1980. Chemistry and Technology of Lime and Limestone, 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc., New York.

ÇİÇEK, T., 1999. Kireç ve Kullanımı. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.

DPT, 1996. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Çalışma Grubu Raporu Çimento Hammaddeleri ve Yapı Malzemeleri Ankara, 3: 1-50.

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

DPT, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Alçı-Kireç-Kum-Çakıl-Boya Toprakları-Mıcır-Tuğla-Kiremit Çalışma Grubu Raporu, DPT: 2615, ÖİK: 626, Ankara.

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

DUNHAM, R.J., 1962, Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures, in Classification of Carbonate Rocks-A Symposium: AAPG Memoir 1, p. 108-121.

FOLK, R.L., 1962, Spectral Subdivision of Limestone Types, in Classification of Carbonate Rocks-A Symposium: AAPG Memoir 1, p. 62-84.

GROUT, F. F., 1932. Petrography and Petrology, Mc Graww Hill Company, New York, 286-292.

JENKIS, R., GOULD, R. W. And GEDCKE, D., 1995. Quantitive X-Ray Spectrometry, 2nd Edition, New York Marcel Dekker.

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

KIRIKOĞLU, M.S., 1996. Endüstriyel Kullanım Açısından Karbonat Kayaçları. I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.

KOZLU, H. 1997. Misis-Andırın Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi, Türkiye 7. Petrol Kong., Ankara, 104-116.

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

LAÇİNBALA, N., 2004. Ceyhan Beji Mermerlerinin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

LOKMAN L., 2000. Kireç, KÜB Yayınları

MIGEM, 2009. Maden İşleri Genel Müdürlüğü Verileri, Ankara.

OTHMER, K., 1978. Enyclopedia of Chemical Technology, Vol.14, 3rd Edition John Wiley and Sons, Newyork, pp.343-381.

ÖNEM, Y., 1997. Sanayi Madenleri, Kozan Ofset, s. 368, Ankara.

ÖZPINAR, Y., HEYBELİ, H., SEMİZ, B., BARAN, A., KOCAN, B., 2001. Denizli Travertenleri ve Kömürcüoğlu Travertenlerinin Jeolojik ve Petrografik Olarak İncelenmesi ve Bunların Teknolojik Açıdan Değerlendirilmesi,

MERSEM'2001-Türkiye III. Mermer Sempozyumu Bildirileri Kitabı, s. 133-151.

SEVDİNLİ, G., 2005. Ceyhan (Adana) Dolayı Yapı Taşı Potansiyelinin Değerlendirilmesi, Ç.Ü. Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, s. 134, Adana.

SCHIETTECATTE, I. P., 1971. Geology of the Misis Mountains : The Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli-Libya.

SCHMIDT, G., 1961. Stratigraphic nomenclatue of the Adana region, Petroleum District VII:Petr. Ada. Publ. Bull,. Ankara, 6, 49-62.

SKOOG, D., A., HOLLER, F., J., NIEMAN, T. A., 1998. Principles of Instrumental Analysis, Fifth Edition, Harcourt Brace College Publishers, USA.

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

TEMUR, S., 2001. Endüstriyel Hammaddeler, Konya. 310 s.

TS 699, 1987. Doğal Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metotları, Ankara.

TS 1910, 1977. Kaplama Olarak Kullanılan Doğal Taşlar, s 7.

TS 2513, 1977. Doğal Yapı Taşları, s 6.

TS 2517, 1977. Alkali Agrega Reaktivitesinin Kimyasal Tayini, Ankara.

TS EN 932-1, 1997. Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler-Kısım 1 Numune Alma Metodları, Ankara.

TS 3530 EN 933-1, 1999. Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini-Eleme Metodu, Ankara.

TS 9582 EN 933-3, 1999. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 3: Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi, Ankara.

TS EN 1097-3, 1999. Agregaların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Gevşek Yığın Yoğunluğunun ve Boşluk Hacminin Tayini, Ankara

TS EN 1367-2, 1999. Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi, Ankara.

TS EN 932-2, 1999. Agregaların Genel Özellikleri İçin Bölüm2: Laboratuar Numunelerin Azaltılması Metodu, Ankara.

TS EN 1097-2, 2000. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar, Ankara.

TS EN 1744-1, 2000. Agregaların Kimyasal Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 1: Kimyasal Analiz, Ankara.

TS EN 933-9, 2001. Agregaların Geometrik Özellikleri için Deneyler-Bölüm 9: İnce Tanelerin Tayini- Metilen Mavisi Deneyi, Ankara.

TS EN 1097-1, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro-Deval), Ankara.

TS EN 1097-6, 2002. Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini.

TS EN 13043, 2004. Yollar, Havaalanları ve Trafiğe Açık Diğer Alanlardaki Bitümlü Karışımlar ve Yüzey Uygulamalarında Kullanılan Agregalar, Ankara.

TS 7043 EN 13450, 2004. Demir Yolu Balastları İçin Agregalar, Ankara.

TS EN 1367-5, 2004. Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler-Bölüm 5: Termal Şoka Direncin Tayini, Ankara.

TS 706 EN 12620+A1, 2009. Beton Agregaları, Ankara.

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

YAŞAR, E., ERDOĞAN, Y., 2002. Bazı Kayaçların Sertlik Değerleri ile Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İstatistiksel Analizi, KAYAMEK'2002-VI. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, s: 197-204, Konya.

YETİŞ, C., ANIL, M., AKYILDIZ, M., YAPICI, N., 2006a. Sarıkaya (Feke-Adana) Bölgesi Karbonatlarının Mermer Olarak Değerlendirilmesi. MERSEM'2006 Türkiye V. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu Bildirileri Kitabı. s.357-372.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Rize'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Pazar'da tamamladı. 1996 yılında Çukurova Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü'nü kazandı ve 2000 yılında mezun oldu. 2001 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladığı Yüksek Lisans öğrenimine 2009 yılında çıkan 5806 sayılı Af Kanunu ile halen devam etmektedir. Evli ve 1 erkek çocuk annesidir.