ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Ali ÖZVAN

TOPRAKKALE - YUMURTALIK (DOĞU AKDENİZ) CİVARINDAKİ KİREÇTAŞI ve BAZALT BİRİMLERİNİN HİDROLİK YAPILARDA KULLANILABİLİRLİĞİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2009

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAKKALE - YUMURTALIK (DOĞU AKDENİZ) CİVARINDAKİ KİREÇTAŞI ve BAZALT BİRİMLERİNİN HİDROLİK YAPILARDA KULLANILABİLİRLİĞİ

Ali ÖZVAN

DOKTORA TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez ..../...../…... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....……	İmza.....…. …..	İmza.....…… ….
Yrd. Doç. Dr. İ.Altay ACAR DANIŞMAN	Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ ÜYE	Prof. Dr. Hasan ÇETİN ÜYE
İmza.....……	İmza.....……	
Doç. Dr. Suphi URAL ÜYE	Yrd. Doç. Dr. Kıvanç ZORLU ÜYE	

Bu tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No

Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ

Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: MMF 2007D2

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

ÖZ

DOKTORA TEZİ

TOPRAKKALE - YUMURTALIK (DOĞU AKDENİZ) CİVARINDAKİ KİREÇTAŞI ve BAZALT BİRİMLERİNİN HİDROLİK YAPILARDA KULLANILABİLİRLİĞİ

Ali ÖZVAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman Yrd. Doç. Dr. Altay ACAR
Yıl :2009, Sayfa:197
Jüri Yrd. Doç. Dr. Altay ACAR
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Prof. Dr. Hasan ÇETİN
Doç.Dr. Suphi URAL
Yrd.Doç.Dr. Kıvanç ZORLU

Ülkemiz için çok önemli bir konuma sahip olan İskenderun Körfezi ve kuzeyinde bulunan Yumurtalık bölgesi, BOTAŞ, demir çelik fabrikaları ve büyük ölçekli organize sanayi bölgesiyle önemli bir liman kenti haline gelmektedir. Bu bölgede üretilen malzemenin taşınması için en ekonomik yol deniz taşımacılığıdır. Bu nedenle bölge kıyılarında inşa edilmiş veya edilecek olan deniz içi koruma yapıları bu bölge için önem arz etmektedir. Genelde, ekonomik olması açısından deniz içi taş dolgu şeklinde inşa edilen kıyı koruma yapılarının (Armourstone) amacı, dalga etkisinden kıyının korunması ve gemiler için güvenli bir liman sağlanmasıdır. Bu yapılar için değişik boy ve özelliklerde doğal kayalar kullanılmaktadır. Seçilecek doğal kaya malzemesi, koruma yapısının inşa edileceği alana çok uzak olmamalı ve zaman içerisinde oluşabilecek aşınma ve parçalanmalara karşı da dayanıklı olmalıdır. Bu nedenle çalışma alanı olarak belirlenen Yumurtalık bölgesinde, taş dolgu kıyı koruma yapısı (Armourstone) için sağlam ve aşınmaya karşı dayanıklı olması istenen kaya malzemeler belirlenmiştir. Bu amaçla hazırlanmış olan bu tez çalışmasında dört farklı kayanın arazi ve laboratuvar performansları CIRIA/CUR (1991; 2007)'e ve Lienhart (1998)'e göre değerlendirilmiştir. Buna göre çalışma alanı içerisinde bulunan kaya birliklerinden masif bazalt ve mikritik kireçtaşlarının iyi kalitede olduğu, boşluklu bazalt ve kristalize kireçtaşlarının orta kaya kalitesinde olduğu ve çalışma alanındaki diğer kaya malzemelerin ise zayıf kalitede olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, kayalar arasında CIRIA/CUR (1991; 2007)'e ve Lienhart (1998)'e göre yapılan derecelendirmeler karşılaştırıldığında iki sistemde de aynı kaya kalite değerleri elde edilmiştir. Ayrıca, kayalar arasında CIRIA/CUR (1991; 2007)'e ve Lienhart (1998)'e göre yapılan derecelendirmeler karşılaştırıldığında bazı deneylerde puanlama sistemindeki sınırların değiştirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumurtalık, kıyı koruma, bazalt, kireçtaşı, kaya kalitesi.

ABSTRACT

PhD THESIS

EMPLOYABILITY OF HYDRAULIC STRUCTURES OF LIMESTONE AND BASALT UNITS AROUND TOPRAKKALE - YUMURTALIK (EAST MEDITERRANEAN)

Ali ÖZVAN

DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor Assis.Prof.Dr. Altay ACAR
Year: 2009, Pages:197
Jury Assis.Prof.Dr. Altay ACAR
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Prof. Dr. Hasan ÇETİN
Assoc.Prof.Dr. Suphi URAL
Assis.Prof. Kıvanç ZORLU

The İskenderun Gulf is an important location for Turkey and Yumurtalık area, which is located in the Eastern Mediterranean. The region has been developed into a significant port city since Botaş Demirçelik factories and its large industrial zone have constructed. The best way of the transportation is shipping from the region to the worldwide. The construction of onshore and inshore structures is the significant engineering process. Generally in terms of its being economical, the main aim of the armourstone is to protect the coast from wave effects and to provide a secure harbour for ships. Natural rocks with various quality and size are used for these structures. The rock quarry rock should not be too far from the construction site where the armourstone would be built and should be resistant to corrosion and disintegration by the time. Thus, The study area in Yumurtalık region is required to investigate the performance and the quality of the rocks which could be avaliable to be resistant for the corruption and to intact be for the armourstone under the specifications of current international standarts. Four various rocks are examined for the quality assessment based on the CIRIA/CUR (1991; 2007) and Lienhart (1998). As a result of laboratory test durability assessments and field performance of the rocks indicate that the massive basalt and micritic limestone are capable for the armourstone and they could be used for the breakwater construction. However, vesicular basalt and recrystallize limestone are modarate rocks, and the other rocks in the study area are very poor rocks for armourstone. However, CIRIA/CUR and Lienhart (1998) classifications are in good agreement with the in-situ observations and the results of the laboratory tests. Furthermore, as compared with the ratings among the rocks that are based on the CIRIA/CUR (1991; 2007) and Lienhart (1998), it is concluded that quantitative approacment of the limits in rating system should be modified.

KeyWords: Yumurtalık, armourstone, basalt, limestone, rock quality.

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında tamamlamış olduğum bu çalışmada, beni yönlendiren danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. Altay ACAR'a teşekkür ederim.

Ayrıca, dört yıl süren doktora eğitimimde çalışmalarım boyunca gerek kurumlar arası yazışmalarda göstermiş oldukları yardımlardan, gerekse bilimsel anlamda tezim için sunmuş oldukları yardımlardan dolayı bizleri yönlendiren Sayın Prof.Dr. Aziz ERTUÇ'a, Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ'e ve diğer bölüm öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında, ince kesit tanımlamalarındaki yardımlardan dolayı Prof.Dr. Cengiz YETİŞ ve Prof.Dr. Fikret İŞLER'e, kimyasal analizlerdeki yardımlarından dolayı Prof.Dr. Osman PARLAK, Aş.Gör. Nusret NURLU ve Ertuğrul ÇANAKÇI'ya, mekanik deneylerdeki yardımlarından dolayı Doç.Dr. Ergül YAŞAR, Yrd.Doç.Dr. Tolga ÇAN, Yrd.Doç.Dr. İsmail DİNÇER, Yrd.Doç.Dr. Osman GÜNAYDIN, Aş.Gör. Ahmet TEYMEN, Jeo.Müh. Ercüment YALIM, Jeo.Müh. Engin ÇİL, Jeo.Müh. Burçin ZAVOTCU, Jeo.Müh. Tolga RUŞEN, Jeo.Müh. Aslıhan KISACIK, Jeo.Müh. Burçin DOSTLAR'a ve Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği 4. sınıf öğrencilerinden Abdurrahman BÖLÜCÜ, Murat ŞEN, Kasım Can KANA ve Burak DURGUN'a teşekkür ederim.

Bu çalışmanın başından sonuna kadar, gerek arazi çalışmalarımda gerekse tezin yapılışı ve yazımı aşamalarında göstermiş olduğu sabır ve yardımlardan dolayı dostum Jeoloji Yüksek Mühendisli Aş.Gör. Ulaş İnan SEVİMLİ'ye ayrıca teşekkürü ederim.

Tezimin başlangıcından bugüne gelmesinde vermiş olduğu desteklerden dolayı Prof.Dr. İlyas YILMAZER ve değerli ailesine ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışmada, hayatım boyunca benden hiçbir şekilde emeğini esirgemeyen başta annem, babam ve kardeşim olmak üzere ÖZVAN ve ERGEZ ailelerine, tez yazım aşamasında geç saatlere kadar çalışmamda özveride bulunan eşim Burcu ÖZVAN'a ve çekilen zorluklara karşı varlığı ile hayatı güzel kılan en büyük destekçim oğlum Onur Seyhan'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ..... I
ABSTRACT..... II
TEŞEKKÜR…… III
İÇİNDEKİLER……... IV
ÇİZELGELER DİZİNİ……... VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ..... XI
SİMGELER VE KISALTMALAR..... XVI
1. GİRİŞ……... 1
1.1. Amaç……. 1
1.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu……. 3
1.3. Kıyı Koruma Yapıları…….. 5
1.4. Kaya Koruma Yapıları (Armourstone-Anroşman-Riprap)…..… 11
1.5. Kıyı Koruma Yapıları için Malzeme Seçimi…… 16
1.6. Kıyı Koruma Yapılarında Hasar Oluşum Mekanizmaları…… 16
1.7.Kıyı Koruma Yapılarında Kullanılan Malzemede Ayrışma Zonları……..... 18
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR……..…… 23
2.1. Deniz Dolguları İçin Şartnameler ve Standartlar……..….. 23
2.1.1. CIRIA / CUR Sınıflaması……..……. 32
2.1.1.1. Kaya Türlerinin Kaynağında Değerlendirilmesi 34
2.1.1.2. İdealize Kaya Kalitesi…….. 36
2.1.1.3. Kaya Kalitesinin Değerlendirilmesi……. 37
2.1.2. Karayolları Teknik Şartnamesi (2006)…….……... 40
2.2. Konuyla İlgili Araştırmalar……..……... 41
2.3. Çalışma Alanıyla İlgili Araştırmalar…….……. 45
3. MATERYAL VE METOD…….…….. 50
3.1. Materyal…… 50
3.2. Metod…… 51

3.2.1. Literatür Taraması…… 51
3.2.2. Arazi Çalışmaları……..... 51
3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları…….. 52
3.2.3.1. Petrografik Analizler……... 52
3.2.3.2. Kimyasal Analizler……..…... 52
3.2.3.3. Jeomekanik Analizler…….…..… 53
3.2.3.3.(1). Birim Hacim Ağırlık…..…….. 55
3.2.3.3.(2). Su Emme…….. 56
3.2.3.3.(3). Gözeneklilik ……..……..…. 57
3.2.3.3.(4). Tek Eksenli Basma Dayanımı……..… 57
3.2.3.3.(5). Nokta Yük Dayanımı……..……..…… 57
3.2.3.3.(6). Sonik Hız……..……..…..……..... 59
3.2.3.3.(7). Don Kaybı ($MgSO_4$)….……..… 60
3.2.3.3.(8). Metilen Mavisi Emme Değeri…..…… 61
3.2.3.3.(9). Los Angeles Aşınma Direnci…..……. 61
3.2.3.3.(10). Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık…..… 63
3.2.3.3.(11). Alizarin Red-S Yöntemi……..…….. 64
4. BULGULAR VE TARTIŞMA……..…… 66
4.1. Jeoloji ve Stratigrafi……..…….. 66
4.1.1. Andırın Formasyonu (Tma)……....……... 66
4.1.1.1. Dokuztekne Üyesi (Tmad)……..……... 68
4.1.1.2. Bulgurkaya Olistostromu (Tbul)……..……... 68
4.1.2. Karataş Formasyonu (Tka)……..……. 70
4.1.3. Kızıldere Formasyonu (Tk)…….……. 71
4.1.4. Kaliçi (Qk)……..…… 72
4.1.5. Delihalil bazaltı (Qd)…….…… 72
4.1.6. Alüvyon (Qa)……...…… 76
4.2. Yapısal Jeoloji……..……... 77
4.2.1. Bölgenin Depremselliği……...……..……. 79
4.3. Mühendislik Jeolojisi……..…… 82
4.3.1. Çalışma Alanındaki Bazaltlara Ait Bulgular……... 87

4.3.1.1.Çalışma Alanındaki Bazaltların Petrografik Özellikleri…….. 87
4.3.1.2.Çalışma Alanındaki Bazaltların Jeokimyasal Özellikleri……..... 92
4.3.1.3.Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Özellikleri……..... 95
4.3.1.3.(1).Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Derecelerinin Arazi Özelliklerine Göre Belirlenmesi…….. 97
3.3.1.3.(2).Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Derecelerinin Mineralojik ve Petrografik Özelliklere Göre Belirlenmesi…… 99
4.3.1.3.(3).Mikro Çatlak Yoğunluğu ile Ayrışma Derecelerinin İlişkisi……..……..... 104
4.3.1.3.(4).Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Derecesinin Jeokimyasal Özelliklere Göre Belirlenmesi……... 107
4.3.2. Çalışma Alanındaki Kireçtaşlarına Ait Bulgular……. 114
4.3.2.1.Çalışma Alanındaki Kireçtaşlarının Petrografik Özellikleri…….. 114
4.4. Çalışma Alanındaki Bazaltların ve Kireçtaşlarının Jeomekanik Özellikleri…… 118
4.4.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi……..…. 118
4.4.2. Gözeneklilik Deneyi……..…….…….... 119
4.4.3. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi……...…….. 121
4.4.4. Sonik Hız Deneyi…….. 122
4.4.5. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deneyi……..…….. 125
4.4.6. Nokta Yük Dayanımı Deneyi……..…….…… 135
4.4.7. Kırılma Tokluğu Deneyi……..……... 138
4.4.8. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi…….... 142

4.4.9. Los Angeles Aşınma Deneyi…..…….. 147
4.4.10. Metilen Mavisi Emme Deneyi……...… 149
4.4.11. $MgSO_4$ Don Kaybı Deneyi…….……..…. 151
4.4.12. Laboratuvar Deneylerinin Değerlendirilmesi……..…. 153
4.4.12.1. CIRIA/CUR Sınıflaması……...…. 154
4.4.12.2. Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi……..…. 166
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER……..…….……. 177
5.1. Sonuçlar……..…….…… 177
5.2. Öneriler…… 179
KAYNAKLAR……..……..... 181
ÖZGEÇMİŞ ……... 197
EKLER
Ek-1. Kaya Kalitesi Ölçütleri
Ek-2. Çalışma Alanındaki Deprem Verileri
Ek-3. Deney Sonuçları
Ek-4. Çalışmada İncelenen Kayaların Kalite Puanları
Ek-5. Farklı Kayalarda Elde Edilen Deney Sonuçları

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1.	Kıyı koruma yapılarının sınıflandırılması…….	6
Çizelge 1.2.	Taş dolgu kıyı koruma yapılarında kullanılacak malzemenin ağırlık ve boyutu arasındaki ilişki…….	10
Çizelge 1.3.	AASHTO'ya göre kaya gradasyonu ……	14
Çizelge 1.4.	Farklı ayrışma tiplerinin gelişmesi için gerekenşartlar……	19
Çizelge 1.5.	Fiziksel ayrışma süreçlerinin kayalara uyguladığı gerilmeler ……..	20
Çizelge 2.1.	BS 6349-1 (2000)'e göre dış liman dolgusunda aranan özellikler....	24
Çizelge 2.2.	BS 6349-1 (2000)'e göre dış liman dolgusu kayalarda istenen sınır değerleri…….	24
Çizelge 2.3.	Denizel yapılarda ayrışmamış kaya kullanımına ait genel değerlendirme……	26
Çizelge 2.4.	Bilinen kayaların mühendislik özellikleri ve uygunluğu ……..……	28
Çizelge 2.5.	BS 6349-7 (1991)'e göre liman dolgusunda temel, çekirdek ve filtre malzemelerinde aranan özellikler ……	30
Çizelge 2.6.	TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2 (2004) standardına göre koruma taşının özellikleri……..	31
Çizelge 2.7.	Kaya malzemesinin ayrışma dereceleri (CIRIA /CUR, 1991)..……	35
Çizelge 2.8.	Deniz yapıları için idealize tipik kaya kalitesi parametre aralıkları .	37
Çizelge 2.9.	Kaya dayanıklılığı ölçütleri ……..	38
Çizelge 2.10	Kaya malzeme özelliklerinin proje aşamalarındaki önem dereceleri	39
Çizelge 2.11.	Tahkimat Taşının Özellikleri (Karayolları Teknik Şartnamesi, 2006) …….	40
Çizelge 3.1.	Deneylerde kullanılan deniz suyu, normal musluk suyu ve saf suya ait pH, Eh, S ve T değerleri ……..	55
Çizelge 4.1.	Kimyasal analizi yapılan örneklerin alındığı derinlikler ve el örneğindeki tanımları ……...	93
Çizelge 4.2.	Bazaltlar üzerinde yapılan jeokimyasal analizlerde belirlenen majör oksitlere ait sonuçlar ……..	94
Çizelge 4.3.	Bazı volkanik kayaların jeokimyasal bileşimleri ……..……...	94

Çizelge 4.4.	Derinlik ile değişen petrografik ayrışma indeksi değerleri ……..	101
Çizelge 4.5.	Çalışma alanından seçilmiş bazaltlara ait kimyasal indeks değerleri ……	110
Çizelge 4.6.	Masif ve boşluklu bazaltlara ait birim hacim ağırlık değerleri ……	119
Çizelge 4.7.	Kristalize ve mikritik kireçtaşlarına ait birim hacim ağırlık değerleri ……	120
Çizelge 4.8.	Masif ve boşluklu bazaltlara ait porozite değerleri ……..	120
Çizelge 4.9.	Kristalize ve mikritik kireçtaşlarına ait porozite değerleri ……..	121
Çizelge 4.10.	Bazalt ve kireçtaşlarına ait ağırlıkça su emme değerleri…..……	121
Çizelge 4.11.	Dört kayaca ait hacimce su emme değerleri …….	122
Çizelge 4.12.	Seçilen farklı kayaca ait sıkışma dalga hızı deneyine ait değerler…	124
Çizelge 4.13.	Seçilen dört farklı kayaca ait tek eksenli basma dayanımı deney sonuçları ……...	127
Çizelge 4.14.	Farklı çalışmacılar tarafından yapılan tek eksenli basma dayanımı ile nokta yük dayanımı arasındaki ilişkiler ……..	136
Çizelge 4.15.	Seçilen dört farklı kayaca ait nokta yük dayanım değerleri …….	137
Çizelge 4.16.	Altındağ (2000) tarafından önerilen üç bağıntıya göre bu çalışmada hesaplanan kırılma tokluğu (K_{IC}, MPa.m$^{1/2}$) değerleri …	141
Çizelge 4.17.	Seçilen dört farklı kayaca ait kırılma tokluğu (K_{IC}, MPa.m$^{1/2}$) değerleri ……	143
Çizelge 4.18.	Seçilen dört farklı kayaca ait suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri ……	145
Çizelge 4.19.	Los Angeles aşınma deneyinde 100 ve 500 devirlerde aşınma kaybı değerleri ……..	148
Çizelge 4.20.	Bazalt ve kireçtaşlarına ait metilen mavisi emme değerleri …….	150
Çizelge 4.21.	Bazalt ve kireçtaşlarına ait donma çözülme değerleri ……..	152
Çizelge 4.22.	Masif bazalttın kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 1991;2007)...	155
Çizelge 4.23.	Boşluklu bazalttın kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 1991;2007) ……...	156
Çizelge 4.24.	Kristalize kireçtaşı kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 1991;2007)……..	156

Çizelge 4.25. Mikritik kireçtaşı kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 1991;2007)……..…... 157
Çizelge 4.26. Deniz yapıları için idealize tipik kaya kalitesi parametre aralıkları ve bu aralıklara düşen çalışma alanındaki malzemeler …… 158
Çizelge 4.27. Bazı kayalara ait kalite değerlendirmesi (Özden, 2006) …… 159
Çizelge 4.28. Bazı kayalara ait kalite değerlendirmesi (Ertaş, 2006) …….. 160
Çizelge 4.29. CIRIA/CUR (2007)'de deneyler için verilen kaya kalite aralığının ortalama kalite değerinden olan farkı ……... 161
Çizelge 4.30. Kaya mühendisliği sınıflama sistemi için sebep-etki derecesi ve indeks sayıları ……... 167
Çizelge 4.31. Kaya mühendisliği sınıflama sistemine bağlı kaya koruma sınıfı değerleri…… … 168
Çizelge 4.32. Masif bazaltın kalite değerlendirmesi …….. 173
Çizelge 4.33. Boşluklu bazaltın kalite değerlendirmesi ……. 174
Çizelge 4.34. Kristalize kireçtaşı kalite değerlendirmesi ……... 175
Çizelge 4.35. Mikritik kireçtaşı kalite değerlendirmesi ……. 176

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1.	Çalışma alanına ait yer bulduru haritası ……	4
Şekil 1.2.	Kıyıya dik koruma yapıları (a) T Mahmuzlar, (b) İskeleler …….	7
Şekil 1.3.	Kıyıya paralel koruma yapısı ……	7
Şekil 1.4.	Yığma kaya dolgu tipindeki liman dolgusu ……..	8
Şekil 1.5.	Yığma kaya dolgu tipindeki dalgakıranların uygulama alanları …..	9
Şekil 1.6.	Topuktaki oyulma derinliğine göre farklı kıyı koruma tasarımları ...	12
Şekil 1.7.	Yaklaşık eş boyutlu kayalar kullanılarak tasarlanmış kıyı koruma yapısı …….	13
Şekil 1.8.	Kumkuyu yat limanında oluşan çekirdek malzemesi kaybı……	18
Şekil 1.9.	Kıyı ortamındaki dört ana ayrışma zonu ……..	22
Şekil 3.1.	Deneylerde kullanılan deniz suyunun alınma yöntemi …….	54
Şekil 3.2.	Suların pH, Eh, S ve T değerlerinin laboratuvarda ölçülmesi ……..	54
Şekil 3.3.	Silindirik örneklerin boyutlarının (a), ağırlığının (b), suya doygun (c) ve kuru (d) hallerinin belirlenmesi ……..	56
Şekil 3.4.	Tek eksenli basma dayanımı deneyinde kullanılan hidrolik pres ve deney düzeneği (a) ile deformasyon okuma saati (b) ……	58
Şekil 3.5.	Nokta yük deney aleti (a), silindirik örneklerin kırılmadan önceki (b) ve kırıldıktan sonraki (c) şekilleri ……	58
Şekil 3.6.	Sonik hız deneyinin yapılışı (a) ve kullanılan Pundit ile alıcı ve vericiye ait görüntü (b) ……..	59
Şekil 3.7.	10-14mm arasında seçilen örneklerin (a) $MgSO_4$ çözeltisine daldırmadan önceki (b) görüntüleri ……..	60
Şekil 3.8.	Süzgeç kağıdında oluşan metilen mavisi çözeltisine ait izler ……..	62
Şekil 3.9.	Suda dağılmaya karşı duraylılık deneyinde kullanılan deney düzeneği (a), suyun ısısının ölçülmesi (b) ve deneyde kullanılan örneklere (c) ait görüntü ……	64
Şekil 3.10.	Alizarin Red-S boyama testi için kullanılan malzemeler (a), boyama testi (b) ve boyanmış çips ve ince kesitlere ait (c)	

	görüntüler ……..	65
Şekil 4.1.	Çalışma alanı ve yakın civarının genel jeolojisi ……	67
Şekil 4.2.	Bulgurkaya Olistostromuna ait birimlerin arazideki görünüşleri …..	70
Şekil 4.3.	Karataş Formasyonunun arazideki görünüşü ……	71
Şekil 4.4.	Çalışma alanındaki kaliçilere ait görüntü ……..	73
Şekil 4.5.	Çalışma alanındaki bazaltların yayılımını gösterir harita …….	74
Şekil 4.6.	Delihalil tepe ve çevresinde gözlenen volkan bombası (a), tüf (b), cüruf (c) ve lav akıntısına ait görüntüler ……...	75
Şekil 4.7.	Çalışma alanındaki boşluklu bazalt seviyelerine ait bir görüntü……..……..	75
Şekil 4.8.	Çalışma alanındaki prizmatik debili bazaltlar ve bu birimler üzerinde yapılan sondajlardan alınan karot örnekleri ……...	76
Şekil 4.9.	Miyosen – Holosen döneminde Anadolu ve çevresinde gelişen ana tektonik hatları gösterir harita ……...	77
Şekil 4.10.	Doğu Akdeniz bölgesindeki ana aktif fayların sınırlarını gösteren harita ……..	78
Şekil 4.11.	İskenderun Körfezinin kuzeyindeki alandaki bazaltik volkanizmanın dağılımını gösterir harita ……..…	79
Şekil 4.12.	Çalışma alanı ve yakın civarındaki 1973-2008 arasındaki depremlere ait odak noktaları…….....	80
Şekil 4.13.	Çalışma alanı içersinde büyüklüğü 3.5 ve üzeri depremlerin dağılımını gösterir harita……..…….	81
Şekil 4.14.	Çalışma alanında gözlenen Dokuztekne üyesine ait tüfler ve üzerine geldiği killi birimler ……..	83
Şekil 4.15.	Çalışma alanında gözlenen farklı kireçtaşlarına ait görüntü …….	84
Şekil 4.16.	Çalışma alanında gözlenen türbiditik birime ait görüntü ……..	85
Şekil 4.17.	Çalışma alanında gözlenen orta-kalın tabakalı kumtaşı ve marn'a ait görüntü …….	85
Şekil 4.18.	Çalışma alanında gözlenen Kuvaterner yaşlı bazalta ait görüntü ….	86
Şekil 4.19.	Magmatik kayaların sınıflandırılması…….	88
Şekil 4.20.	Çalışma alanında ayrışmış bazaltlara ait karot (a) ve mikroskop (b)	

görüntüleri ……. 90
Şekil 4.21. Çalışma alanında üç farklı seviyede incelenen bazaltların derinliğe göre değişimleri……..……... 91
Şekil 4.22. Çalışma alanının farklı nokta ve seviyelerinden alınan örneklerin Cox vd diğ. (1979) diyagramındaki yeri ……... 95
Şekil 4.23. (a) % K_2O – SiO_2, (b) % Na_2O - SiO_2 içeriklerine göre alkali ve sub-alkali bazalt diyagramında örneklerin yerleri ……. 96
Şekil 4.24. Farklı derinliklerden alınan örneklerin % SiO_2 - % $Na_2O + K_2O$ diyagramındaki yerleri …….. 97
Şekil 4.25. BSI 5930 (1999)'e göre kaya kütlesi ayrışma dereceleri …….. 98
Şekil 4.26. Çalışma alanında yüzeyde gözlenen ayrışma derecesi …….. 99
Şekil 4.27. Mikroskop altında, bazaltlarda gözlenen çatlaklar ve etrafında gelişen ayrışma …….. 100
Şekil 4.28. Yaklaşık 2 m derinde bulunan gaz boşluklu bazaltlarda çapraz nikolde gözlenen ayrışma yapısı ……... 102
Şekil 4.29. Yaklaşık 12 m derinde bulunan gaz boşluklu bazaltlarda çapraz nikolde gözlenen ayrışma yapısı ……... 102
Şekil 4.30. Yaklaşık 5 m derinde bulunan bazaltların çapraz nikol görüntüsü ... 103
Şekil 4.31. Yaklaşık 8 m derinde bulunan bazaltların çapraz nikol görüntüsü ... 103
Şekil 4.32. Çalışma alanından farklı derinliklerde alınan bazalt örneklerinde derinlik ile petrografik ayrışma indeksi (Ipa) arasındaki ilişki ……. 104
Şekil 4.33. Mikroçatlak uzunluklarının AutoCAD programında ölçülmesi……. 106
Şekil 4.34. On farklı yapıdaki örnek üzerinde ölçülen mikroçatlak yoğunluğu ile derinlik arasındaki ilişki …….. 107
Şekil 4.35. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile Ruxton Oranı değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi …….. 110
Şekil 4.36. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile Parker İndeksi değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi …….. 111
Şekil 4.37. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile Vogt Oranı değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi …….. 111
Şekil 4.38. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile MWPI

değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi …….. 112
Şekil 4.39. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile CIA değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi …….. 112
Şekil 4.40. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile CIW değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi …….. 113
Şekil 4.41. Bu çalışmada elde edilen, Parker indeksi ile Kimyasal alterasyon indeksi (a), Kimyasal alterasyon indeksi ile Kimyasal ayrışma indeksi (b) arasındaki ilişkiler …….. 113
Şekil 4.42. Alizarin Red-S uygulanan ince kesit (a) ve çipslerde (b) gözlenen renk değişimi ……..... 116
Şekil 4.43. Kristalin kireçtaşlarında ince kesitte gözlenen stilolit (a-b) ve spari kalsit dolgusu (c) ile kalsit mineralinde görülen ikizlenmeye (d) ait görüntüler ……..... 117
Şekil 4.44. Mikritik kireçtaşlarında ince kesitte gözlenen intraklastlı mikritik yapı (a), spari kalsit dolgusu (b), fosil (c) ve kalsit mineralinde görülen ikizlenmeye (d) ait görüntüler …….. 117
Şekil 4.45. Masif bazaltlarda üç farklı koşulda ölçülen sıkışma dalga hızı (V_p) değerleri……..…… 123
Şekil 4.46. Boşluklu bazaltlarda üç farklı koşulda ölçülen sıkışma dalga hızı (V_p) değerleri…….. 125
Şekil 4.47. Üç farklı halde kayalarda bulunan ortalama tek eksenli basma dayanımı değerleri ……. 128
Şekil 4.48. Tek eksenli basma dayanmı sonuçlarının boşluklu bazalt (a) ve kristalize kireçtaşında (b) düşük değerler vermesine neden olan ayrışma ve boşluk yapısına ait görüntü ……. 128
Şekil 4.49. Bazalt ve kireçtaşlarında kuru (a-c) ve doygun (b-d) haldeki örneklere ait kırılma şekilleri …….... 129
Şekil 4.50. Kuru koşuldaki mikritik kireçtaşında UCS ile V_p arasındaki ilişki... 130
Şekil 4.51. Normal suya doygun koşuldaki mikritik kireçtaşında UCS ile V_p arasındaki ilişki ……..... 131
Şekil 4.52. Deniz suyuna doygun koşuldaki mikritik kireçtaşında UCS ile V_p

	arasındaki ilişki …….....	131
Şekil 4.53.	Kuru haldeki masif bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki …….	132
Şekil 4.54.	Normal suya doygun haldeki masif bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki …….....	132
Şekil 4.55.	Deniz suyuna doygun haldeki masif bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki …….....	133
Şekil 4.56.	Kuru haldeki boşluklu bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki ……	133
Şekil 4.57.	Normal suya doygun haldeki boşluklu bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki …….....	134
Şekil 4.58.	Deniz suyuna doygun haldeki boşluklu bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki …….....	134
Şekil 4.59.	Mikritik kireçtaşı (a) ve kristalize kireçtaşlarında (b-c) çapsal örnekler üzerinde gözlenen kırılma düzlemleri …….	138
Şekil 4.60.	Kırılma tokluğu ölçülürken uygulanabilir üç ayrı kırılma modeli …	139
Şekil 4.61.	Kırılma tokluğu ile nokta yük dayanımı arasındaki ilişki ……	142
Şekil 4.62.	Suda dağılmaya karşı duraylılık deneyinde kullanılan masif bazalt (a), boşluklu bazalt (b), mikritik kireçtaşı (c) ve kristalize kireçtaşına (d) ait görüntüler …….....	144
Şekil 4.63.	Boşluklu ve masif bazaltta normal (a) ve deniz suyunda (b) dağılmaya karşı duraylılık değerleri ……..	146
Şekil 4.64.	Kristalize ve mikritik kireçtaşında normal (a) ve deniz suyunda (b) dağılmaya karşı duraylılık değerleri …….	147
Şekil 4.65.	Metilen mavisinin bazaltlarda (a) ve kireçtaşlarında (b) süzgeç kağıdında oluşturduğu izler …….....	150
Şekil 4.66.	Standartlara göre hazırlanmış deney örneklerinin çözülmüş hali (a) ve $MgSO_4$ çözeltisinde dondurulmuş hallerine (b) ait görüntü …….	151
Şekil 4.67.	Türkiye için hazırlanmış eş donma-çözülme döngü sayısı kontur haritası …….....	152
Şekil 4.68.	Nokta yük dayanımı ile tek eksenli basma dayanımı arasındaki ilişki …….....	162
Şekil 4.69.	Nokta yük dayanımı ile kırılma tokluğu değerleri arasındaki ilişki ..	162

Şekil 4.70. Nokta yük dayanımı ile birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki ……..... 163
Şekil 4.71. Nokta yük dayanımı ile metilen mavisi emme değerleri arasındaki ilişki ……..... 163
Şekil 4.72. Nokta yük dayanımı ile $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı değerleri arasındaki ilişki ……..... 163
Şekil 4.73. Tek eksenli basma dayanımı ile birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki…….. 164
Şekil 4.74. Tek eksenli basma dayanımı ile kırılma tokluğu değerleri arasındaki ilişki…….. 164
Şekil 4.75. Tek eksenli basma dayanımı ile metilen mavisi emme değerleri arasındaki ilişki…….. 165
Şekil 4.76. Tek eksenli basma dayanımı ile $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı değerleri arasındaki ilişki……... 165
Şekil 4.77. Boşluklu bazaltlarda gözlenen ayrışma durumu ……... 169
Şekil 4.78. Kristalize kireçtaşlarında gözlenen stilolit oluşumları…….. 170
Şekil 4.79. Çalışma alanındaki mikritik kireçtaşında açılan bir ocağa ait görüntü……..... 171

SİMGELER ve KISALTMALAR

BSI	:	İngiliz Standartları Enstitüsü
ASTM	:	Amerikan Test ve Materyal Kurumu
AASHTO	:	American Karayolu ve Taşımacılık Kurumu Birliği
CIRIA	:	İngiltere İnşaat Sektörü Araştırma ve Enformasyon Kurumu
CUR	:	Hollanda İnşaat Mühendisliği Araştırma ve Standartlar Merkezi
m	:	Metre
km	:	Kilometre
sn	:	Saniye
%	:	Yüzde
V_p	:	P-dalgası
RQD	:	Kaya kalitesi tanımlaması
UCS	:	Tek eksenli basma dayanımı
NX	:	Boy: 54.7mm/Çap: 109.4mm olan karot numunesi
^oC	:	Derece
gr	:	Gram
kg	:	Kilogram
I_{d5}	:	5. döngü sonrası suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi
I_s	:	Nokta yükü değeri
$I_{s(50)}$	:	Standart bir karot çapına göre nokta yükü dayanım indeksi
R^2	:	Korelasyon katsayısı
MPa	:	Megapaskal
W_{50}	:	Dalga etkisine karşı D_{50} boyutundaki taşın ağırlığı, kg
D_{50}	:	Ortalama kaya çapı, m
γ_s	:	Malzemenin yoğunluğu, kg/m^3
H	:	Dalga yüksekliği, m
SG_s	:	Kaya malzemesinin özgül ağırlığı
θ	:	Şevin yatayla yaptığı açı

RDI_d	:	Dinamik kaya sağlamlık indeksi
RERS	:	Kaya mühendislik oranı sistemi
Eh	:	Elektriksel iletkenlik
S	:	Tuzluluk
T	:	Sıcaklık
kN	:	Kilonewton
V	:	Hız
d	:	Dalganın ilerlediği yolun boyu
t	:	Zaman
MB	:	Metilen mavisi emme değeri
I_{pa}	:	Petrografik ayrışma indeksi
$\rho_{mç}$	:	Mikroçatlak yoğunluğu
K_{IC}	:	Kırılma çatlağının dayanımı
mS	:	Milisaniye
µS	:	Mikrosaniye
n	:	Örnek sayısı

1. GİRİŞ

Bu bölümde, çalışmanın amacı ve çalışılan alanın iklim, topografya ve ulaşım özelliklerinden bahsedilerek çalışma alanı ile ilgili genel bilgiler ve çalışmayı gerekli kılan nedenler açıklanmıştır. Ayrıca, koruma yapılarının çeşitleri ve kaya koruma yapılarındaki (Anroşman, Armourstone, Riprap) malzemenin seçimi ile yapı üzerinde dış ortam koşullarının yaratabileceği etkiler hakkında genel bilgiler verilmiştir.

1.1. Amaç

Son yıllarda özellikle nüfus artışı ve dış ülkeler ile kurulan ticari ilişkiler, kalkınmanın ana unsuru olan beton, yol, bina gibi yapılarda, sanayileşme ile birlikte artan enerji ve iletim ihtiyacı ile buna paralel ülkemizde yapılmakta olan baraj, su yapıları ve limanlarda kaya malzemesinin önem kazanmasına neden olmuştur. Özellikle üretilen malzemenin iletimi esasında, iletimin ana unsuru olan hatların oluşturulmasında kullanılacak kaya malzemesinin seçimi büyük bir önem arz etmektedir. Demiryolu ve karayolu gibi yapılarda hem alt yapı hem de üst yapı için kullanılacak malzemenin belirlenmesi, liman gibi yapılarda dış liman taşı (anroşman) olarak kullanılacak çeşitli boylardaki malzemelerin seçilmesi ve değerlendirilmesi kaya malzemesi konusunun temelini oluşturmaktadır. Özellikle çalışmanın amacı olan dış liman dolgusu için seçilecek kaya malzemesi, deniz içersinde oluşan dalga hareketlerinden kıyı mühendislik yapılarının korunması açısından çok önemlidir. Bu malzemeler çeşitli boy ve kalitede, ekonomik koşullar göz önünde bulundurarak seçilmelidir. Seçilen kayaların kalite ve performanslarının uzun dönemde duraylı kalabilmesi gerekmektedir.

Deniz yapılarında kullanılacak kaya malzemelerin seçilmesinde, renk, kaya yoğunluğu, su emme ve gözeneklilik, süreksizliklerin konumu ve ayrışma durumu, mineralojik ve petrografik özellikleri, kayanın mukavemeti, blok bütünlüğü, blok şekli, ağırlığı ve boyutu dikkate alınan başlıca özelliklerdir. Deniz yapılarında kullanılacak doğal yapı malzemesinin belirlenmesinde ilk adım olarak jeolojik inceleme yapılmakta ve potansiyel kaya malzemesi öncelikle kaynağında

tanımlanmaktadır. Uygun kaya malzemesi, taş ocağında yapılacak kayanın fiziksel ve jeolojik özelliklerinin ayrıntılı değerlendirilmesine dayalı olarak seçilmelidir. Bir kaynak belirlenirken, dikkatlice araştırılmalı ve kayanın ayrışma durumu laboratuvar deneyleri ile elde edilecek sonuçlarla değerlendirilmelidir. Kayanın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki en büyük etki ayrışma derecesine bağlı olarak gelişmektedir. Ayrışmayı; kayaların mineralojisi, oluşumu, süreksizliklerin durumu, tektonizma ve faylanma gibi faktörler hızlandırmaktadır. Ayrışma, kayaların uzun jeolojik zaman sürecinde iklim koşullarına maruz kalması sonucunda oluşmakta ve bu süreç mekanik, kimyasal ve biyolojik ayrışma şeklinde gelişmektedir. Ayrışma derecesi yüksek malzemeler genelde taş dolgu kıyı koruma yapıları için uygun değildir. Bu kayalar deniz koşullarında zayıf dayanım özellikleri sergiler. Ancak bazı durumlarda daha düşük kalitede kaya malzemesi kullanılması kaçınılmaz olur. Bu durumlarda kayanın tatmin edici bir performansa ulaşması için tasarımda gerekli değişiklikler yapılmalıdır.

Bu tip malzemelerin seçiminde, laboratuvar deneyleri ve saha çalışmaları araştırmanın en önemli kısımlarını oluşturmaktadır. Laboratuvar deneyleri, iklimsel değişimler, deniz suyu etkisi gibi farklı çevresel şartlar altında koruma taşının davranışlarının belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu deneyler ile kayanın sağlamlığı, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenirken, arazi çalışmaları ile ocaktaki süreksizlik düzlemlerinin detayları ortaya konmaktadır.

Bu çalışmanın en önemli amaçlarından biri, ülkemizde hızla gelişmekte olan Osmaniye – Adana arasında kalan kıyı bölgesinde yapılacak deniz içi yapılar için uygun malzemelerin belirlenmesi ve bu malzemelerin seçiminde izlenen yöntemlere katkıda bulunmaktır. Bu amaçla, arazi çalışmaları sonucunda belirlenen dört farklı yapıdaki kayalardan karot ve blok örnekler alınarak örneklerin laboratuvarda dayanıklılıkları standartlar dâhilinde belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar standartlarla ve bu konuda yapılmış benzer çalışmalardan elde edilmiş sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Bu kapsamda yapılan çalışmalar giriş hariç dört bölümden oluşmaktadır. Çalışma alanı ve çalışma konusuyla ilgili literatür özeti *Önceki Çalışmalar* bölümünde, çalışma boyunca kullanılan deneysel araç gereçler ile yardımcı araçlar

ve arazi çalışmaları ile laboratuvar deneyleriyle ilgili yöntemler *Materyal ve Metod* başlığı altında verilmiştir. Çalışma alanının jeolojisi, tektoniği, çalışma alanından seçilen kayalara ait fiziksel ve mekanik deney sonuçları ve bunlar arasındaki ilişkiler ile kullanılabilirlikleri, şartnameler ve mühendislik jeolojisi ölçütleri kapsamında ortaya konulup *Bulgular ve Tartışma* kısmında, elde edilen sonuçların kısa özetleri ve öneriler ise *Sonuçlar ve Öneriler* başlığı altında verilmiştir.

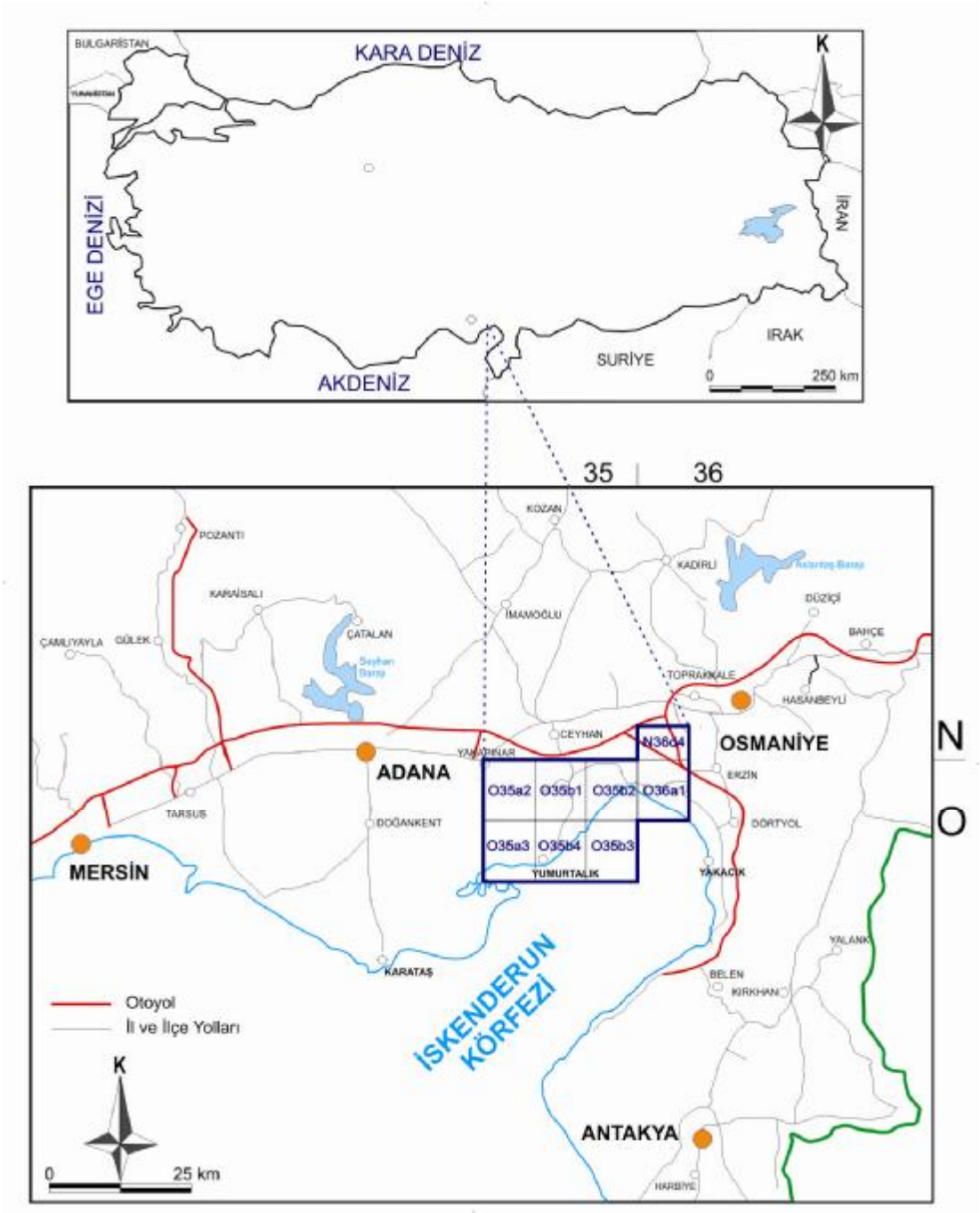
Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı olarak Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalında Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu tez MMF 2007 D2 nolu proje kapsamında desteklenmiş olup, Yumurtalık – Toprakkale arasındaki kaya birimlerinin hidrolik yapılardaki (taş dolgu kıyı koruma yapıları) kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Çalışma alanı, ülkemizin gelişen kentlerinden olan Adana – Osmaniye ve Antakya illeri sınırları arasında kalan, tarım, sanayi ve petrol taşımacılığı açısından önemli bir bölge olan Yumurtalık – Toprakkale arasında bulunmaktadır. Çalışma alanı Adana ilinin doğusunda bulunmaktadır. Çalışma alanına, Adana'dan TEM otoyolu ve E90 karayolu ile ulaşılmaktadır ve Adana iline yaklaşık 40 km, Antakya iline yaklaşık 100 km ve Osmaniye iline 10 km uzaklıktadır. Çalışma alanı 1/25000 ölçekli, Gaziantep N36d4, Mersin O35a2, Mersin O35a3, Mersin O35b1, Mersin O35b2, Mersin O35b3, Mersin O35b4, Antakya O36a1 paftaları içersinde kalmaktadır (Şekil 1.1).

Çalışma alanı, Akdeniz'in doğu kıyılarından başlayarak kuzeye doğru uzanmaktadır. Genelde, düz morfoloji içersinde olistolit ve volkanik bacaların oluşturduğu yüksek kesimlerden oluşmaktadır. Çalışma alanındaki düşük eğimli alanlar, Akdeniz kıyısından başlayarak kuzeye doğru uzanan Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazalt, çalışma alanının kuzeybatısında bulunan kaliçi ve Ceyhan Nehrinin oluşturduğu alüvyon düzlüklerinden oluşmaktadır. Çalışma alanının doğu kesimlerinde bulunan yükseklikler ise bazaltların çıkış noktaları olan Delihalil Tepe (450m), Tüysüz Tepe (310m), Kocahama Tepe (182m) ve Toprakkale Tepelerinden

(151m) oluşmaktadır. Çalışma alanının batı kesimlerinde kalan yüksek kesimler ise, olistolitlerden oluşan Güllüce Tepe (769m), Nurtepe (680m), Hasin Dağı (573m), Sivri Tepe (510m), Davud Dağı (450m), Taşaltı Tepe (380m), Uyuzdağ (376m), Kılıçkaya Tepe (340m)'den oluşturmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.

Çalışma alanındaki en büyük akarsu Ceyhan ilçesinden geçerek Akdeniz'e doğru akan Ceyhan Nehridir. Bunun dışında Demirtaş Deresi ve Herekli Dereleri de çalışma alanı içerisinde yer almaktadır.

Çalışma alanında önemli sayılabilecek yerleşim alanları batıdan doğuya doğru, Yakapınar ve Yumurtalık gibi büyük yerleşim alanları dışında, Geçitli, Çokçapınar, Abdioğlu, Güveloğlu, Akpınar, Haylazlı, Ayvalık, Zeytinbeli, Hamzalı, Narlık, Gölovası, İncirli, Kurtpınar, Sarıkeçili, Hamidiye, Turunçlu, Burnaz, Azizli, Tüysüz ve Maymunsuyu olarak sıralanabilir.

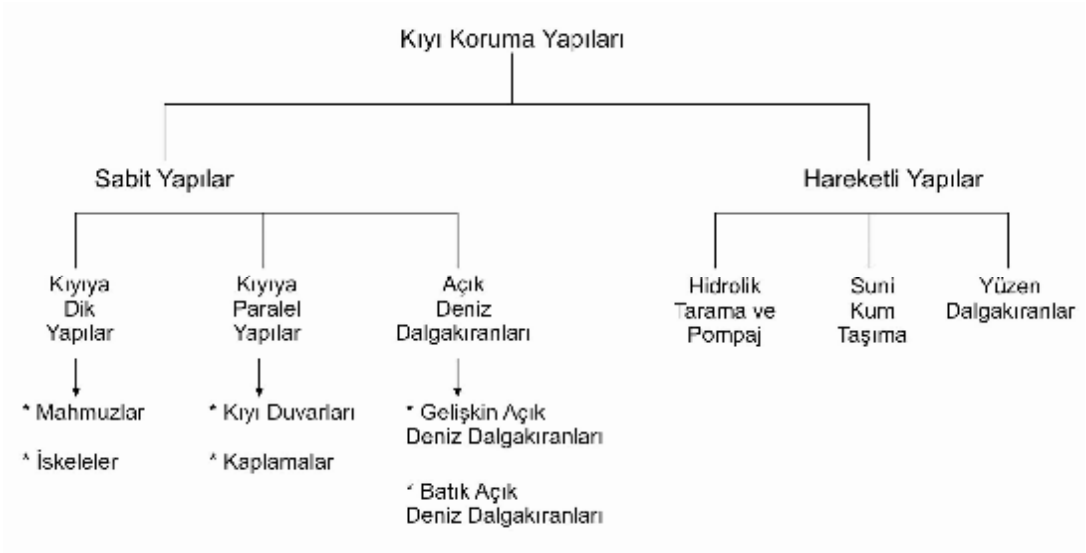
Çalışma alanı yaz aylarında sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı tipik Akdeniz iklimi özelliği göstermektedir. Uzun yıllar içersinde gerçekleşen (1975-2006) ortalama en yüksek sıcaklık 12.3 – 31.8 ^{o}C arasında, ortalama en düşük sıcaklık 4.7 – 24.4 ^{o}C arasında, ortalama yağışlı gün sayısı en yüksek ocak ayında olup 15 gün, en düşük ağustos ayında olup 1.7 gündür. Ortalama güneşlenme süresi en düşük aralık ayında olup 3.1 saat, en yüksek temmuz ayında olup 11.6 saattir. Uzun yıllar içersinde gerçekleşen (1975 - 2006) en yüksek sıcaklık 08.07.1978 tarihinde 43.3 ^{o}C, en düşük sıcaklık ise 8.01.1977 tarihinde -7.0 ^{o}C olarak gerçekleşmiştir. Bölgedeki en çok yağış 09.05.2001 tarihinde 432.1 kg/m^2, en hızlı rüzgar 15.12.1978 tarihinde 102.2 km/saat olarak kaydedilmiştir (www.meteor.gov.tr).

1.3. Kıyı Koruma Yapıları

Ülke ekonomisinde deniz ulaşımı ve turizm açısından önemli yeri olan kıyılarımızın dalgalardan ve bu dalgaların yaratacağı tahribattan en iyi şekilde korunması gerekmektedir. Dalgaların yaratacağı olumsuz koşullar, kıyı koruma yapısı olarak kullanılacak dolgunun tipinin, yerinin, boyutunun ve kullanılan malzemenin doğru seçilmesi ve tasarlanmasıyla en aza indirgenebilir (Durmuş, 2007). Mühendislik çalışmalarının önemli bir uygulama alanı olan kıyı koruma yapıları (limanlar, mahmuz, dik kıyı duvarları, eğimli kıyı koruma yapıları, iskeleler, açık deniz dalgakıranları) şekillerine ve kullanım amaçlarına göre farklı boy ve şekillerdeki doğal kayalardan veya hazır beton bloklardan (antifer) inşa edilmektedir

(Topal ve Acır, 2004; Latham vd., 2006a,b). Kıyıların korunması amacıyla yapılan bu tip hidrolik yapılar sabit ve hareketli olmak üzere iki sınıfta tanımlanmaktadır (Çizelge 1.1). Genelde ülkemizde kıyıya dik yapılar ve paralel yapılar kullanılmaktadır. Kıyıya dik yapılar olan mahmuzlar ve iskeleler kıyıdan denize doğru kıyı şeridine dik açıda uzanan koruma yapılarıdır (Şekil 1.2). Kıyı boyu akımını ve sediman hareketini kontrol altına almak amacıyla yapılan mahmuzlar iskeleye göre daha kısa ve seri şekilde inşa edilir.

Çizelge 1.1. Kıyı koruma yapılarının sınıflandırılması (Durmuş, 2007)



Kıyıya dik yapıların bilinen faydaları;

- Kumsal gelişimini sağlaması ve kumsalın iç bölgesini korunaklı hale getirmesi.
- Geniş kumsallar ortaya çıkarmak.
- Limanların giriş kısımlarının korunması.
- Kıyıların dalgaların dinamik etkisinden korunması olarak sıralanmaktadır.

Kıyıya paralel yapılar olarak bilinen kıyı duvarları ve kaplamalar ise kara ile deniz arasındaki koruma yapılarıdır (Şekil 1.3). Kıyı duvarları sahilin üst kısmını

dalgaların oluşturacağı taşkınlardan korumak amacıyla inşa edilirler. Kaplamalar ile kıyı erozyonunu önlemek amacıyla kaya, asfalt, beton bloklar gibi malzemeler ile inşa edilirler.

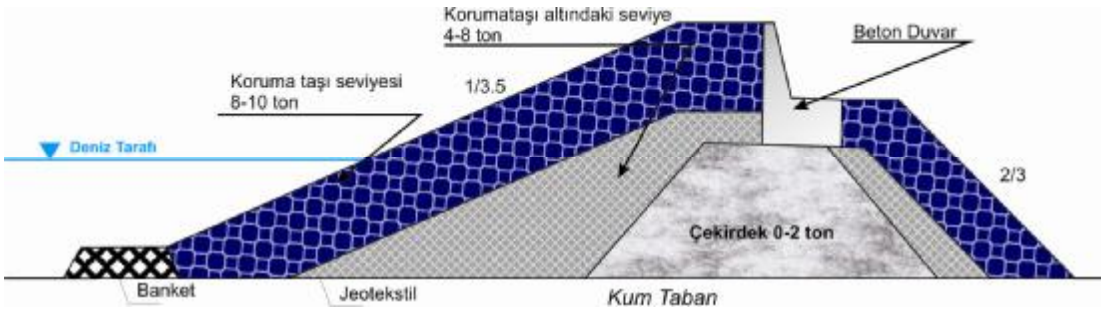


Şekil 1.2. Kıyıya dik koruma yapıları (a) T Mahmuzlar, (b) İskeleler.



Şekil 1.3. Kıyıya paralel koruma yapısı.

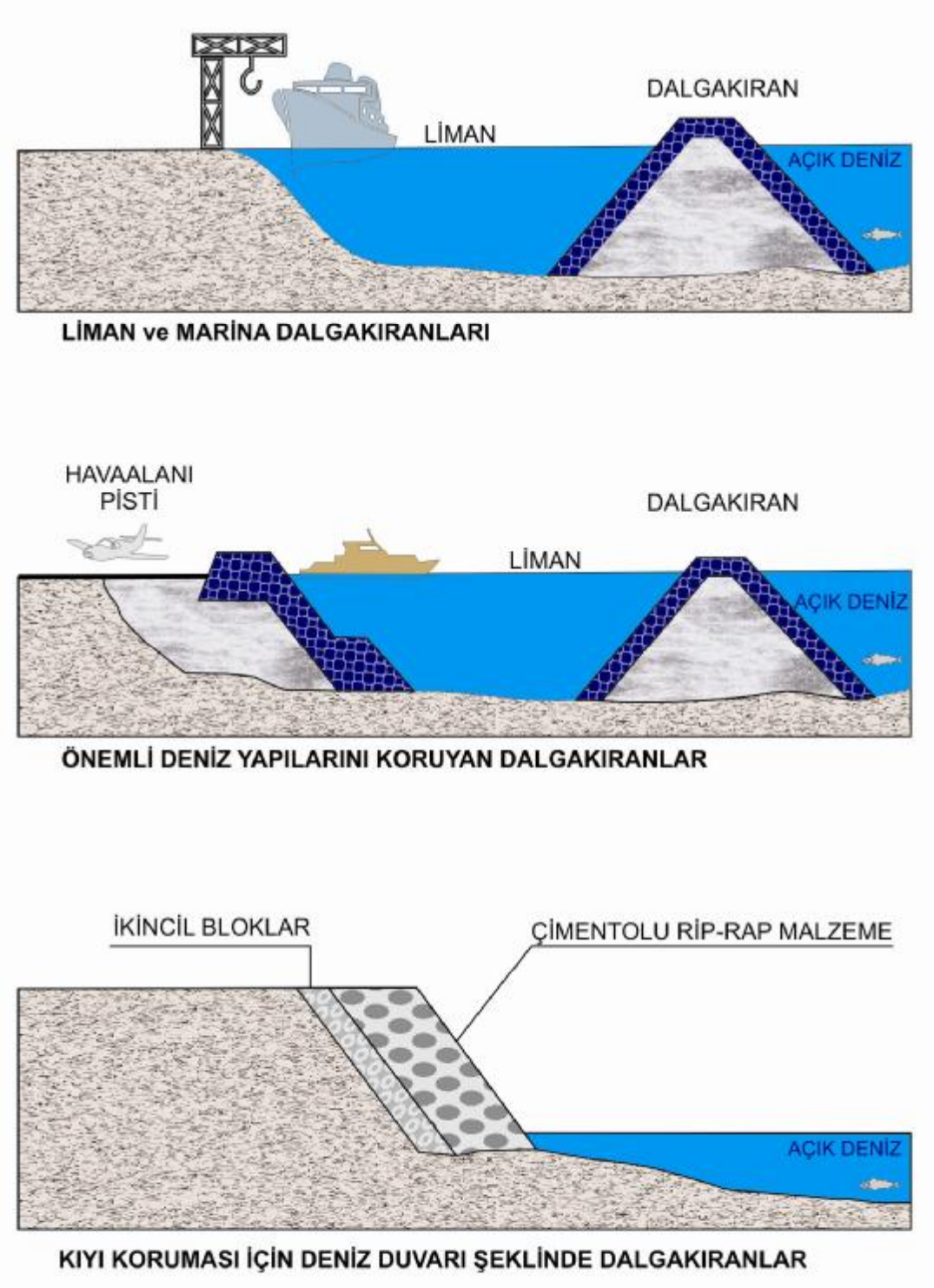
Türkiye gibi kıyı ülkelerinde vazgeçilmez olan bu yapılar limanların açık denize doğru devamı şeklinde veya deniz ile kıyı arasındaki kıyı yapılarını koruma amacıyla yapılmaktadır. Genellikle taş ocaklarından sağlanan uygun biçim ve boyutlara sahip ve dalga hasarlarına karşı ağır (3-30 ton) sağlam kaya bloklarından inşa edilmektedirler. Kullanılan bu kayalar jeolojik kökenlerinden dolayı değişik özelliklere sahip olabilirler (Latham vd., 1990). Bu kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri, fırtına gibi kötü deniz şartlarında, dolgunun sabit olarak kalmasını sağlayacak yapıda olmalıdır (Lienhart, 2003; Ertaş ve Topal, 2008). Bu tip yapılar projelendirilirken hidrolik modeller veya deneysel hesaplamalar yapılmaktadır. Büyük dalgakıran projelerinde, dalga hasarlarına dayanacak kaya bloğunun ağırlığı dalga özellikleri dikkate alınarak hidrolik model deneyleriyle belirlenirken, küçük dalgakıranlarda ise, gereken blok ağırlığı deneye dayalı formüllerle belirlenmektedir (Merritt, 1986). Dalgakıranlar veya burada sözü edilen deniz yapıları (yığma kaya tipindeki liman dolgusu) başlıca iki kısımdan oluşmaktadır; çekirdek ve dış liman taşı (anroşman) (Şekil 1.4). Yığma kaya dolgu tipindeki dalgakıranların bazı uygulama alanları Şekil 1.5'de verilmiştir.



Şekil 1.4. Yığma kaya dolgu tipindeki liman dolgusu.

Kıyıya paralel yapıların bilinen faydaları ise;

- Kıyının erozyona karşı korunması.
- Kıyının taşkınlara karşı korunması.
- Kıyı gerisindeki kara parçasındaki yaşam alanlarının korunması olarak sıralanmaktadır.



Şekil 1.5. Yığma kaya dolgu tipindeki dalgakıranların uygulama alanları (Hoş, 1999).

Taş dolgu şeklindeki bir kıyı koruma yapısının ana avantajı aşırı dalga hareketlerinden kıyı alanlarını korumaktır. CIRIA/CUR (1991) tarafından tanımlanan diğer avantajları ise;

- Kayanın ocaktan sıkça sağlanabilmesi
- Sınırlı donanım, kaynaklar ve uzman kişilerle yapının inşa edilebilmesi
- Tasarım ve yapım hatalarının yapı tam olarak hasar görmeden düzeltilebilmesi
- Onarım işlerinin genellikle kolay olması ve özel donanımlara gerek duyulmamasıdır

Taş dolgu koruma yapıları bazı farklı seviyelerden meydana gelmektedir. Her seviye eş boyutlu ve ağırlıklı kaya malzemeden oluşturulmaktadır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Taş dolgu kıyı koruma yapılarında kullanılacak malzemenin ağırlık ve boyutu arasındaki ilişki (CIRIA/CUR, 1991)

Tanım	Blok Ağırlığı (ton)	Blok Şekli (temsilen kübik şekilli)
Birinci Seviye	8-10	1.5 : 1.5 : 1
İkinci Seviye	4-6, 6-8	2 : 1 : 1, 4 : 1 : 1
Filtre Seviyesi	2-4	2 : 1 : 1
Çekirdek Malzemesi	0-2	-

Birinci koruma taşı seviyesi, yapı üzerindeki en dış koruyucu seviye olup, bir veya iki seviye halinde, kayalar arasındaki kenetlenmenin en iyi olduğu şekilde, dizilerek yapılır. En büyük ve en ağır bloklar bu seviyede bulunur. Genelde 25 ton kadar ağırlıktaki kayalar bu seviyede kullanılmasına karşın bazı özel tasarımlarda 10 ton ve daha düşük ağırlıktaki bloklar da kullanılmaktadır.

İkinci koruma taşı seviyesi, birincil koruma taşı seviyesi için bir destek seviye olarak kullanılır. Bu ikincil seviye, birincil seviyeye düşenen kayalar arasındaki boşluklarda oluşan türbülansın, dalgayı geri yansıtarak ve enerjisini düşürerek azalmasına yardımcı olur. Burada kullanılacak blokların ağırlığı yaklaşık 4-8 ton arasındadır.

Filtre seviyesi, taş koruma yapısının çekirdek malzemesi ile koruma taşı arasında kalan seviyeye serilir. Bu seviyede kullanılan kayalar, düşük su emme kapasitesine sahip, sağlam ve uzun ömürlü olmalıdır. Taneler eşit boyutlu ve tariflerdeki limitlerde ince dilimler halinde serilerek yerleştirilir. Bu seviyedeki blok ağırlığı 2-4 ton arasında değişmektedir.

Banket seviyesi, çok fazla miktarda kayanın denize doğru eğimli olarak yerleştirilmesiyle oluşturulur. Bu seviye dinamik olarak yerleştirilir. Fırtınalı bir havada bu seviyenin doğal stabilitesi dalga hareketleriyle bozulabilir. Bu seviyedeki blok ağırlığı 0.5-2 ton arasında değişmektedir.

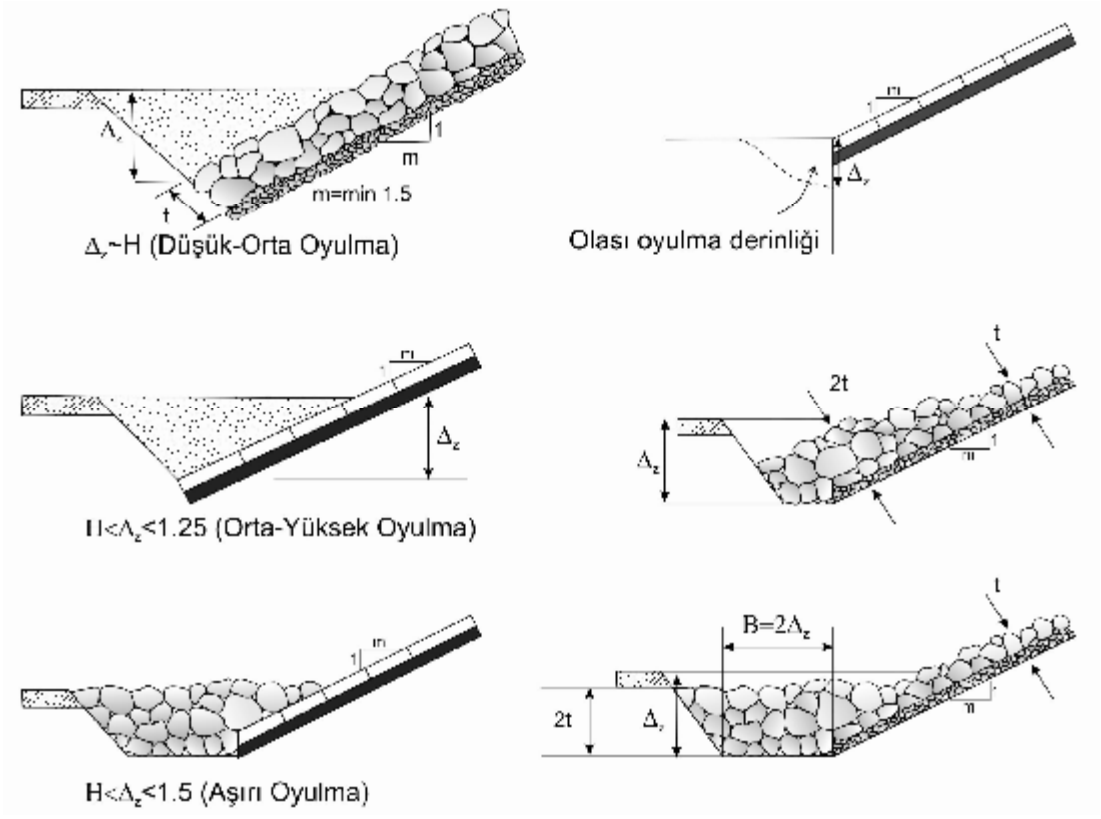
Çekirdek, bu tip yapılarda en çok malzeme gereksiniminin olduğu alandır. Taş dolgu koruma yapısının en iç kısmını oluşturur ve en küçük boyut ve ağırlıktaki malzeme ile yapılır. Bu alanda kullanılan malzeme tüm taş dolgu yapısında kullanılan malzemenin yaklaşık %80'nini oluşturmaktadır. Çekirdek kısmında kullanılan malzemenin ağırlığı 0.1-0.4 ton arasında değişmektedir.

1.4. Kaya Koruma Yapıları (Armourstone-Anroşman-Riprap)

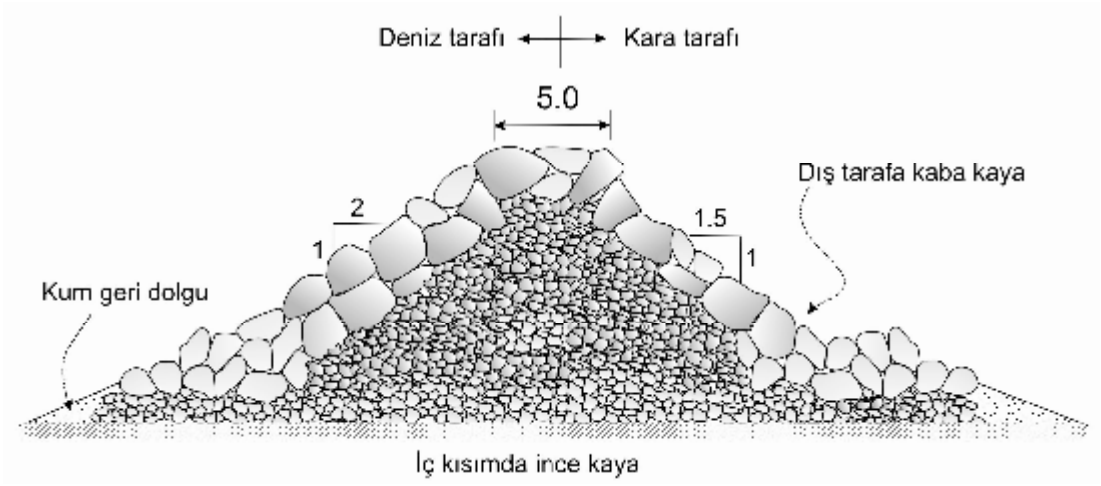
Kaya koruma yapıları nehir veya deniz içindeki yapılarda yüzeyi korumak amacıyla yapılan masif yüzey kaya kaplama veya istinat duvarlarıdır. Asıl olarak deniz dalgalarının olumsuz etkilerine karşı kıyıdaki yapıları koruyabilmek amacıyla kaya dolgu ve deniz duvarları şeklinde yapılan kıyı koruma yapıları ayrıca, şevin veya dolgunun stabilitesinin sağlanması, topuk oyulmasının önlenmesi amacıyla da yapılabilmektedir. Geçmişten bugüne, akarsu şevlerinin erozyona karşı korunmasında kullanılan kaya koruma yapıları kıyı şevlerinin korunmasında da başarılı sonuçlar vermektedir. Bu tip yapılarda kullanılan kayaların boyutları çok büyük olup, ağırlıkça 30 tona kadar çıkarlar ve iyi derecelenmiş olması gerekir. Bu nedenle deniz yapıları planlanmadan önce, ocak olarak işletilecek birimin fizibilite aşaması mutlaka yapılmalıdır. Bu tip kayalarda en önemli özellik dayanımın ayrışmaya karşı olan direncidir. Malzeme ve proje koşullarına göre filtre gibi ara tabaka uygulaması da yapılmaktadır.

Deniz dalgalarına karşı yapılan kıyı koruma yapıları yatık şevler için genellikle kaya veya yarı rijit olan beton bloklar ile yapıldığı gibi beton kaplama gibi prefabrik beton elemanlar ile de yapılmaktadır (Tunç, 2002). Kaya koruma yapıları topuktaki oyulma derinliğine (Dz) bağlı olarak farklı şekillerde tasarlanmaktadır (Şekil 1.6).

Kaya koruma yapıları eş boyutlu veya derecelendirilmiş kayalardan imal edilirler. Akarsu şev korumalarında iyi derecelenmiş kayalar ile koruma yapısının inşası önerilirken, deniz kıyılarında yaklaşık eş boyutlu kayaların kullanılması önerilmektedir (Şekil 1.7).



Şekil 1.6. Topuktaki oyulma derinliğine göre farklı kıyı koruma tasarımları (Tunç, 2002).



Şekil 1.7. Yaklaşık eş boyutlu kayalar kullanılarak tasarlanmış kıyı koruma yapısı.

Kaya koruma yapısının tasarımında koruma yapısının kalınlığı, D_{50} boyutunun saptanmasıyla belirlenir. Dolayısıyla her bir kayanın stabilitesi, kullanılacak kayaların boyutuna (ağırlık ve çapına) bağlıdır. Kaya koruma yapılarının dalga erozyonuna karşı boyutlandırılmasında genel olarak bilinen Hudson vd. (1997) eşitliği, FHWA (US Federal Highway Administration) (1997) tarafından

$$W_{50} = \frac{\left(g_s H^3\right)}{\left[2.20\left(SG_s - 1\right)\cot q\right]} \tag{1.1}$$

olarak değiştirilmiştir. Burada;

W_{50} : Dalga etkisine karşı D_{50} boyutundaki taşın ağırlığı, kg *(D_{50}: Ortalama kaya çapı, m)*

γ_s : Kaya malzemesinin yoğunluğu, kg/m^3

H : Dalga yüksekliği, m

SG_s : Kaya malzemesinin özgül ağırlığı

θ : Şevin yatayla yaptığı açı

Kaya kıyı koruma yapılarında kayanın dereceli bir şekilde sıralanması, erozyon direnci açısından en önemli husus olduğundan, dolgu iyi derecelenmiş olmalıdır. Kaya dolgu malzemesinin boyutlandırılması, arazide gözle muayene ve 5 ile 10 ton üzerindeki örneklerde tartım ile belirlenmelidir. Bunun için bir örnek ocakta, bir örnekte şantiyede alınarak kaya boyutları kontrol edilmelidir. Kaya derecelendirmesi AASHTO (1988)'ya göre 6 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 1.3). Başlangıçta kaya boyutu ocakta kırık aralıklarının belirlenmesi ve gözlemsel ocak incelemesiyle değerlendirilir. Eğer karotlu sondaj logları mevcutsa RQD değerinden de bu tip yaklaşımlar yapılabileceği gibi jeofiziksel ölçümlerden de yararlanılabilir. Kaya bloğu elde etme aşamasında çıkarma yöntemi ve kayaca parçalama yöntemi de blok boyutunu etkileyen faktörlerdir.

Çizelge 1.3. AASHTO (1988)'ya göre kaya boyutları

Sınıf	Kaya Boyutu (cm)	Kaya Ağırlığı (kg)
Çok Hafif	40	90
	30	35
	15	2.5
Hafif	55	230
	40	90
	15	2.5
Orta	70	450
	55	230
	30	35
Ağır	90	900
	70	450
	55	230
Çok Ağır	110	1800
	90	900
	70	450
Aşırı Ağır	140	3600
	110	1800
	90	900

Büyük boyuttaki kayalar aşırı türbülans yaratarak, küçük boyuttaki kayaların su etkisiyle dağılmasına ve kayalar arasındaki kenetlenmenin bozulmasına neden olurlar (Tunç, 2002). Kayalar arasındaki kenetlenmenin bozulması ile kaya koruma yapısında kayma ve göçmeler olduğu gibi, oluşan boşluklardan filtre ve yatak malzemesinin oyulması ve erozyonu meydana gelebilmektedir. Bu nedenle aşırı boyuttaki kayalar toplanarak olumsuz koşullar ortadan kaldırılmalıdır (Tunç, 2002).

FHWA (1997) tarafından kaya koruma yapısının kalınlığı için aşağıdaki koşullar önerilmektedir;

- D_{100} (veya W_{100}) boyutundaki küresel kayanın çapı D_{50} (veya W_{50}) boyutundaki küresel kayanın çapının 1.5 katından daha az olmamalıdır.
- Yerleştirme kolaylığı açısından kaya kalınlığı 30cm'den daha az olmamalıdır.
- Su altındaki kaya koruma yapısı kalınlığı ise yukarıdaki iki şart ile bulunan kalınlığın %50'den fazlası olmamalıdır.
- Yüzen cisimlerin veya buz kütlelerinin, çarpma etkisi, dalga etkisi ve yatak şeklini korumak için koruma kalınlığı 15 cm ile 30 cm arasında artırılmalıdır.

Çekirdek dolgulu olarak inşa edilen kıyı koruma yapılarında çekirdek dolgusu kısmında kullanılacak malzeme, ocaktaki dış limantaşı için istenilen boyutta olmayan kaya blokları ve kaya parçacıkları ile oluşturulur. Bu malzeme deniz tabanından, deniz yüzeyine kadar dökülür. Dolayısıyla bu dökme işlemi kıyıdan açığa doğru yapılır. Çekirdek başlıca, çakıl ve blok boyutu malzemelerden oluşur. Bunların boyutları 60-500 mm arasındadır (çakıl-blok arası malzeme). Çekirdek için ocakta kabaca parçalanan kayalar kullanılır. Bu kayalar değişik miktarlarda kaba kum ve daha ince taneli malzemeleri de içerebilir. Bu tip malzemeler çekirdek oluşumu sırasında genelde denize dökülürken yıkanırlar. Bu tip malzemelerin miktarı kayacın fiziksel özelliğine bağlıdır. Örneğin, kırma işlemi sırasında sert magmatik kayalar ve kumtaşlarında çok az ince tane oluşumu meydana gelmektedir. Buna karşın

kireçtaşlarında bu oran daha yüksektir. Ancak, yaygın olarak bulunmaları ve dayanımlı görüntülerinden dolayı, kireçtaşı dünya genelinde sıkça kullanılmaktadır (Sevdinli, 2005; Ertaş vd., 2008).

1.5. Kıyı Koruma Yapıları için Malzeme Seçimi

Kaya kütlerindeki yanal ve düşey değişiklikler nedeniyle, istenilen kalitede ve boyutlarda büyük kaya bloklarının sağlanması her zaman mümkün olmamaktadır. Bu aşamada arazi çalışmalarının önemi büyüktür. Deniz yapılarının hizmet süresini kısaltan veya yüksek oranda hasar görmesine neden olacak zayıf kalitedeki kayaların, deniz yapılarında kullanımı engellenmelidir. Amaca yönelik olarak, masif yapıda, ayrışmamış, kil içermeyen, eklem kırık gibi süreksizlik düzlemlerinin minimum seviyede olduğu, boşluksuz veya serbest drenaja sahip bağlantılı boşlukları olan, yuvarlak veya az yassı kaya bloklarının elde edilebileceği ocaklar seçilmelidir.

1.6. Kıyı Koruma Yapılarında Hasar Oluşum Mekanizmaları

Geçmişten günümüze dünyanın çeşitli yerlerinde gerek fırtınalı suların oluşturduğu olumsuz koşullar gerekse tasarımdan kaynaklanan eksiklikler nedeniyle birçok kıyı koruma yapısında hasar meydana gelmiştir. Kıyı koruma yapılarının tasarımında oluşabilecek hasarların azaltılması amacıyla göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktör deniz seviyesindeki değişimlerin (med-cezir) belirlenmesidir. Kıyı koruma yapılarında en yüksek su seviyesi durumu;

- En yüksek dalga ve dalga kırılma yüksekliği
- Dalga tırmanma yüksekliği
- Yapının yüksekliği gibi hususların doğru tahmin edilmesi için gerekmektedir.

en düşük su seviyesi ise,

- Topuk oyulma miktarı
- Koruma yapısının derinliği gibi hususların tahmin edilmesi için gerekmektedir (Tunç, 2002).

Dalgakıran inşaatlarındaki kısa ve uzun dönemli hasarlar bu gibi hususların başlangıçta tahmin edilememesinden kaynaklanmaktadır. Dalgakıranlarda hasara neden olan başlıca iki tip problem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi zayıf ve uygun olmayan kalitedeki kaya bloklarından oluşan ayrışma (alterasyon, degredasyon, aşınma ve kırılma) problemidir. Ayrışma nedeniyle oluşan hasar problemi, mühendislik jeolojisi uzmanlarının ilgi alanı içerisinde kalmaktadır. İkinci tipteki dalgakıran hasarları ise, projelendirmede alınan hatalı mühendislik değiştirgeleri ve uygun olmayan inşaat yöntemlerinden kaynaklanmaktadır.

Kıyı koruma yapılarında su seviyesi ve diğer etkenler ile oluşabilecek hasarlar;

- Dalga etkisiyle oluşan blok hasarları
- Ana blok hareketi
- Beton elamanın hareketi
- Temelde oluşabilecek genel kayma
- Çekirdek malzemesinin ayrışarak oturmalara neden olması
- Boşluk suyu basıncındaki artış nedeniyle kayma
- Üstten aşan dalgaların neden olduğu hasarlar
- Deniz tabanındaki topuk oyulması gibi şeklinde özetlenebilir (BS 6349-7, 1991).

Bu tür hasarların belirlendiği bir çalışmada, Durmuş (2007) Mersin bölgesindeki kıyı koruma yapılarındaki taş dolgu kıyı duvarlarını incelemiş ve yapıda filtre tabakasının bulunmadığını belirlemiştir. Araştırmacı bu şekilde dalga etkisi ile çekirdek malzemesinin kaybolduğu ve yapıda hasarların meydana geldiğini ortaya koymuştur (Şekil 1.8).



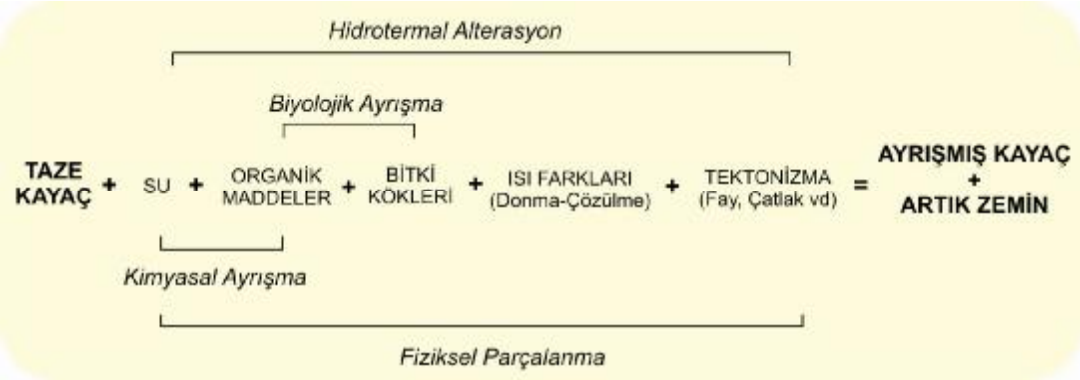
Şekil 1.8. Kumkuyu yat limanında oluşan çekirdek malzemesi kaybı (Fotoğraf Durmuş, 2007'den).

1.7. Kıyı Koruma Yapılarında Kullanılan Malzemede Ayrışma Zonları

Geçmiş jeolojik dönemlerde, yüzey ve yeraltında oluşan koşulların yarattığı farklı sıcaklık ve basınç koşulları kayalar üzerinde değişimlere neden olur. Yüzeyde veya yüzeye yakın yerlerde farklı ortam koşullarının etkisi ile kayalar bu yeni koşullara uyum sağlamak için değişim gösterirler (Fookes vd., 1971). Bu değişim sırasında, kayacı oluşturan birincil minerallerin bazıları ortam şartları karşısında duraylı kalırken bazı minerallerin bazı elementleri suda çözelti haline geçebilir veya yeni koşullara uyumlu ikincil mineraller oluşabilir. Fookes (1970) ayrışma için yapmış olduğu tanımda; malzeme olarak kullanlabilecek kayaların mühendislik özelliklerini belirleyen en önemli etkenin kayaca ayrışma sürecinin olduğunu ve ayrışmanın, kayaların hidrosfer ve atmosferin doğrudan etkisi altındaki değişimi olarak tanımlamışlardır. Alterasyon ve ayrışma terimleri çoğu kez eş anlamlı olarak kullanılmaktadırlar (Gary vd., 1972). İrfan (1981) ise, ayrışma ile alterasyonu farklı

şekillerde tanımlamış ve yeraltında kabuk içersinde kayalarda meydana gelen değişimi "hidrotermal alterasyon", yüzeyden derine doğru etki eden ve etkisi derine doğru gidildiğinde azalan değişimi ise "ayrışma" olarak tanımlamıştır. Farklı ayrışma tiplerinin gelişimi Tuğrul (1995) tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (Çizelge 1.4).

Çizelge 1.4. Farklı ayrışma tiplerinin gelişmesi için gerekenşartlar (Tuğrul, 1995).



Kıyı koruma yapıları gibi büyük parçalı kayaların kullanıldığı tasarımlarda kayanın ocaktan elde edildiği boyut ile proje sahasında kullanıldığı boyutun önemi büyüktür. Bir kayanın yerindeki boyutunu, kaya kütlesinin maruz kaldığı tektonik hareketler veya patlatma ile oluşan çatlakların sıklığı belirlemektedir. Tektonizma ile oluşan çatlaklar fiziksel ayrışmayı hızlandıran en önemli etkendir. Özellikle kaya dolgu yapılarda kullanılacak kayaların sallanma ve yuvarlanma karşısında gösterecekleri direnç önemlidir. Mekanik olarak kaya, çatlakların açılması, yeni süreksizliklerin oluşması ve bunlara bağlı olarak tane dokanakları ve taneler boyunca çatlamalarla parçalanır (Tuğrul, 1995). Bir koruma yapısında, koruma taşı; donma-çözülme, tuzların kristalleşmesi, ıslanma-kuruma, sıcaklık değişimleri gibi nedenlerle ayrışmaya uğrarlar (Latham vd. 2006c). Su altında kalan kısımlardaki çözünme tuzlu sularda nadiren görülürken asidik suların etkili olduğu tatlı sularda önemli derecede çözünme olabilir (Latham vd. 2006c). Çözülme için kayanın gözenekliliği ve mineralojisi kadar su kimyası da önemlidir. Örneğin, birçok kireçtaşı deniz suyunun kimyasal ortamında çözünmezken, asidik karakterdeki tatlı

suyun olduğu nehir ve göl ortamlarında yavaş bir çözünme olabilir (Latham vd. 2006c). Ayrıca, koruma yapısındaki kayaların su emme değerleri (WA) de ayrışma açısından oldukça önemlidir. Düşük su emme değerine sahip kayalar (% 1'den az) donma-erime ya da tuz kristalleşmesi gibi döngüsel gerilmeler altında yüksek bir direnç gösterirler. Eğer kullanılan malzemedeki mikro gözeneklerin oranı toplam gözenekliliğin yüzdesinden fazla ise bu durum koruma yapısı için zararlıdır. Bazı durumlarda kayadaki gözeneklilik % 4'den daha büyük ise ve gözenekler arasında serbest drenaj varsa tuz kristalleşmesi ve donma-erime gibi olaylar kayaya çok daha az zarar vermektedir (Latham vd. 2006c). Kaya malzemesi içersinde gelişen bu farklı fiziksel süreçler kaya üzerine farklı gerilmeler uygulamaktadırlar (Ollier, 1984; Tucker ve Poor, 1978) (Çizelge 1.5).

Çizelge 1.5. Fiziksel ayrışma süreçlerinin kayalara uyguladığı gerilmeler (Ollier, 1984; Tucker ve Poor, 1978)

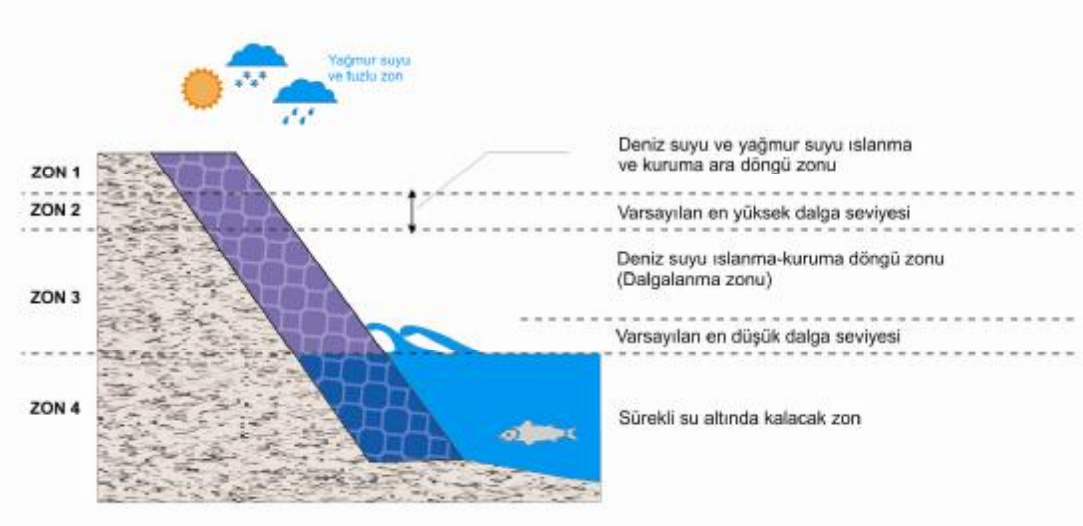
Fiziksel Ayrışma Süreçleri	***Uygulanan gerilme (MPa)***
Donma (en büyük -20 ^{o}C'de)	200
Tuzların kristalleşmesi	2-20
Tuzların hidratasyonu	100
Killerin hacim artışı	2

Kıyı koruma yapısı olarak kullanılacak kayalarda istenen en önemli fiziksel özellik, dış etkilere karşı kayacın dirençli olmasıdır. Bu kaya kalitesi laboratuvarda darbe dayanımı ve sürtünme dayanımları gibi deneyler ile belirlenmektedir. Bu deneyler yapılırken kayacın dış ortamda maruz kalacağı şartlar göz önünde bulundurulmalıdır. Dış etkenlerin başında kimyasal ve fiziksel ayrışma gelir. Bu ayrışma mekanizması deniz suyu içerisinde tuzlu suyun varlığı, deniz dalgalanmasından dolayı sıkça oluşan ıslanma-kuruma dönemleri ile gerçekleşir. Buna ek olarak zaman içinde büyük dalgalar, çok iri bloklar yerinden oynatabildiği gibi blok ve daha küçük boyuttaki parçacıkları da su içinde koruma yapısına doğru atabilirler. Kimyasal ayrışma süreci ise özellikle kıyı ortamlarında fiziksel ayrışma

kadar etkili olabilmektedir. Özellikle kimyasal ayrışma sıcaklığın artmasıyla nemli ortamda ve alçak yükseltilerde daha hızlı gelişmektedir (Tuğrul, 1995). Bu tip ortamların yer aldığı kesit Şekil 1.9'da gösterilmektedir. Bu kesitten de görülebileceği gibi kıyı ortamındaki koruma yapılarında dört ayrı ayrışma zonu mevcuttur.

Sürekli su atında kalan (4) numaralı zon, atmosferin etkisiyle oluşacak ayrışmadan etkilenmezler. Fakat bu zon kuvvetli su akıntılarının etkisi altında fiziksel olarak ayrışacağı gibi tuzlu suyun etkisiyle oluşabilecek kimyasal ayrışmanın da etkisi altındadır. (4) numaralı zonun üstünde yer alan (3) numaralı zon ara dalga zonudur. Gün içersindeki dalga hareketleri ile gelişen ıslanma ve kuruma etkisiyle, hızlı, fiziksel (tuz kristallerinin oluşumu) ve kimyasal ayrışma oluşur. Ayrıca bu zonda kırılan dalgalar bloklar üzerinde güçlü su kuvvetleri oluştururlar. Bu olayda blokların hareketlenmesine neden olabilir. (2) numaralı zon yüksek su seviyesinin hemen üstündedir. Fakat burada da halen dalgaların oluşturacağı ıslanma ve kuruma devirleri gerçekleşir. Rüzgâr ve dalgaların etkisiyle çakıl ve kum boyutundaki tanelerde aşınma görülür. (1) numaralı zonda kristalleşmiş tuz etkisi görülür. Bu zon da sürekli atmosfere açıktır, bu nedenle atmosfere bağlı aşınmanın etkisi hızlıdır. Bütün zonlarda biyolojik etmenler erozyonu hızlandırabilir. Özellikle üçüncü ve dördüncü zonlarda deniz canlılarının oyma ve aşındırma etkisi bulunmaktadır ve bütün zonlarda denizde ve karada yetişen bitkilerin etkilerini görmek mümkündür.

Maliyet nedeniyle, inşaat alanına yakın yerlerdeki orta kalitedeki kayalar deniz suyunun etkisinin düşük olduğu zonlarda kullanılabilir. Nakliyeden kaynaklanacak maliyet artışı gerekirse suyun etkisinin kaya üzerinde en fazla hissedildiği kesim olan üçüncü zondaki kayalar için göz ardı edilebilir ve uzak mesafelerden sadece bu kesim için iyi veya mükemmel kalitede kayalar getirilebilir.



Şekil 1.9. Kıyı ortamındaki dört ana ayrışma zonu (Fookes ve Poole, 1981).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde Osmaniye – Ceyhan - Yumurtalık (Doğu Akdeniz) ve çevresine ait çok sayıda jeolojik araştırma bulunmaktadır. Ayrıca, gerek ülkemizde gerek yurtdışında kaya malzemesi olarak önemli bir yeri olan kireçtaşı ve bazaltların kullanımlarıyla ilgili olarak da birçok çalışma bulunmaktadır. Aşağıdaki ilk bölümde ulusal ve uluslararası şartnameler üzerinde durulmuştur. İkinci ve üçüncü bölümde ise, konuya yakın çalışmalar ile inceleme alanında yapılan jeolojik çalışmalar yıl sırasına göre özetlenmektedir.

2.1. Deniz Dolguları İçin Şartnameler ve Standartlar

Dalgakıran dolgularında çok değişik, farklı büyüklükte ve şekillerde kaya blokları koruma taşı olarak kullanılmaktadır (Mather, 1985; Latham 1991; Poole 1991; Ericson 1993; Smith, 1999). Farklı kökene sahip kayalar farklı mühendislik jeolojisi parametrelerine sahip olmaktadır (Latham ve diğ., 1990). Deniz ortamında özellikle güçlü dalga etkilerine karşı kullanılacak koruma yapılarındaki kayaların fiziksel ve mekanik özellikleri kadar, durayılık özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir (Fookes ve Poole 1981; Lienhart ve Stransky 1981; Lienhart 1994; Latham 1998).

Dalgakıran dolgularında özellikle dış liman taşı olarak kullanılacak kaya malzemesinin uygunluğu bazı uluslararası şartnamelerde verilen ölçütlere göre belirlenmektedir. Buşartnameler, yüksek derecede hasar verici dalga kuşağına sahip okyanus kıyıları ile düşük enerjili dalga kuşağına sahip Akdeniz ve Arap Körfezi gibi iç denizlerde yerel farklılıklar gösterebilmektedir.

Deniz yapıları tasarımı ve yöntemleri en geniş şekilde İngiliz Standartlarında yer almaktadır (BS 6349-7:1991; BS 6349-4:1994; BS 6349-1:2000; BS EN 13383-1 ve BS EN 13383-2: 2002). Bu standartlardan koruma taşı olarak kullanılacak kayalarda aranan özellikler Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. BS 6349-1 (2000)'e göre dış liman dolgusunda aranan özellikler

No	Koruma kayacında aranan genel özellikler
1	Sert ve iyi duraylılığa sahip olmalıdır
2	Laminasyon ve zayıf klivaj düzlemleri içermemelidir.
3	Su, hava, ıslanma-kuruma, donma-çözünme ve dalga etkilerine karşı dirençli olmalıdır.
4	Uygulama yerine yerleştirme esnasında çatlamamalı ve hasar görmemelidir.
5	Tek bir blok olarak prizmoidal olmalıdır.
6	Maksimum blok boyutu, minimum blok boyutunun 2 katı ve asla 3 katından büyük olmamalıdır.
7	Alternatif uygun ocak arayışında magmatik kayalar, sedimanter ve metamorfik kayalara oranla daha duraylı olduğundan ilk tercih olmalıdır.

Çizelge 2.2. BS 6349-1 (2000)'e göre dış liman dolgusu kayalarda istenen sınır değerleri

Deney	İstenen Değer Sınırları
Tabii Yoğunluk (t/m^3)	En düşük 2.6 t/m^3
Ağırlıkça Su Emme (%)	En düşük % 3
Hacimce Su Emme (%)	En düşük % 3
Agrega Darbe Dayanımı (%)	En düşük % 30
% 10 İncelik Değeri Min Kuvvet (kN)	En düşük 100 kN
Sodyum Sülfat Agrega Dayanımı (%)	En büyük % 12 (5 devirden sonra)
Magnezyum Sülfat Agrega Dayanımı (%)	En büyük % 18 (5 devirden sonra)
Agrega Aşınma Değeri (%)	En büyük % 15
Blok Dayanımı (%)	En büyük % 5

BS 6349-7 (1991)'de koruma taşı olarak kullanılacak kayaların her birinin ağırlığının 10 ton ile 18.5 ton aralığında olması gerekmektedir. Aynı standartta bu tip blokların elde edilmesi için kullanılan ocaklarda daha düşük ağırlığa sahip kayaların liman dolgusunun diğer zonlarında kullanılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca kullanılacak blokların birbirleriyle uygun şekilde kenetlenebilmeleri için bloklar arasındaki boşluğun en küçük %37 olması istenmektedir. Bu değerin aşılması durumunda dalga enerjisinde büyük oranda yayılma meydana gelecektir. Böylece, hidrolik stabilite için gerekli birim ağırlığın azalarak stabilite ortadan kalkacaktır.

Koruma yapılarında kullanılan koruma taşının, uzun dönemde dayanıklılığının devamı için, bir koruma yapısında, kayanın deneysel sonuçları çok önemlidir (Clark, 1988). Bu uzun dönemde elde edilmesi istenilen dayanıklılık deneysel ve arazi gözlemleri ile değerlendirilebilir (CIRIA/CUR, 1991; Smith, 1999). Malzeme seçiminde en önemli husus sağlam malzemeyi bulmak ve bulunan sağlam malzemeyi ocaktan proje sahasına nakletmektir. Genellikle deniz dalgalarının etkili olduğu kıyı hatları boyunca Mezozoik ve Tersiyer yaşlı zayıf kayalardan oluşan formasyonlar bulunmaktadır (Latham vd., 2006). Dünyanın birçok yerinde tasarımcılar kullanılan yerel malzemenin en önemli avantajının malzemenin nakliyesi olduğunun farkındadırlar. Bu nedenle mühendislik jeolojisi konusunda çalışanların proje sahasına yakın uygun ve alternatif malzemelere karar vermesi gerekmektedir. Önceki çalışmalar, malzeme olarak seçilecek kayaların türüne göre yapının hangi seviyesinde kullanılacağı konusunda ön bilgiler içermektedir (Çizelge 2.3).

Bir yapı projesi için yeni bir kaya kaynağına veya mevcut ocağın laboratuvar ve arazi araştırmalarına karar verilmesi için malzemenin blok boyutu ve kaya kalitesinin belirlenmesi çok önemlidir (Latham vd., 2006). Koruma taşı blok boyutu, malzeme ocağında tanımlanan süreksizliklerin ara uzaklıkları ve çatlakların sıklığı ile kontrol edilir. Bu konularda yapılmış deneysel ve arazi gözlemlerine dayanan birçok çalışma bulunmaktadır.

Çizelge 2.3. Denizel yapılarda ayrışmamış kaya kullanımına ait genel değerlendirme (CIRIA/CUR, 1991;2007)

Kaya Cinsi	Koruyucu Katman	Filtre	Çekirdek Dolgusu	Açıklama
MAGMATİK				
Granit	√	√	√	İyi eş şekilli. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Diyorit	√	√	√	İyi eş şekilli. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Gabro	√	√	√	İyi eş şekilli. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Riyolit	√	√	√	Blok tipi köşeli, eşit ve küçük parçalar halindedir.
Andezit	√	√	√	Küçük bloklar verebilir. Ayrışmaya dikkat edilmeli.
Bazalt	√	√	√	Eş boyutlu küçük bloklar verebilir. Ayrışmaya ve boşluk yapısına dikkat edilmeli.
Siyenit	√	√	√	Zayıf düzlemsel şekiller halinde ve aşınma dayanımı bazen düşük olabilir.
SEDİMANTER				
Kuvarsit	√	√	√	Zayıf düzlemsel şekiller halinde ve aşınma dayanımı bazen düşük olabilir.
Kumtaşı	!	√	√	Zayıf düzlemsel şekiller halinde ve aşınma dayanımı bazen düşük olabilir.
Silttaşı	!	!	√	Genellikle düzlemsel ve küçük boyutlu olabilir.
Şeyl	!	!	√	Küçük düzlemsel parçalar halinde ve yumuşaktır. Kullanımı halinde Jeotekstil kullanımı tasarımda düşünülmelidir.
Kireçtaşı	√	√	√	Bazen düzlemsel ve yumuşaktır. Kullanımı halinde Jeotekstil kullanımı tasarımda düşünülmelidir.
Tebeşir	!	!	√	Yumuşaktır ve kolay aşınır.

Çizelge 2.3. Devamı

Kaya Cinsi	Koruyucu Katman	Filtre	Çekirdek Dolgusu	Açıklama
METAMORFİK				
Arduvaz	**x**	**x**	√	Uzun şekilli ve genelde yumuşaktır.
Fillit	**x**	**x**	√	Uzun şekilli ve genelde yumuşaktır.
Şist	**!**	**!**	√	Uzun ve düzlemsel şekli yaygındır.
Gnays	√	√	√	İyi köşeli şekilli ve serttir. Mikalı ve ayrışmış olanlara dikkat.
Mermer	√	√	√	Genellikle iyi köşeli şekle sahiptir.
Serpantin	√	√	√	Köşeli ve düzensiz bloklar halinde.
Eklojit	√	√	**x**	Köşeli ve düzensiz bloklar halinde.

√: kullanım için uygun; !: özel önlemler alınarak kullanılabilir; x: uygun değil.

Kaya koruma yapılarının seçiminde birçok uygulamacı tarafından kullanılan CIRIA/CUR (1991;2007) standardı, Lienhart (1998) ve koruma taşı için Avrupa standartlarını gösteren bazı yöntemlerle değerlendirilmektedir (EK-1). Bu ölçütler, kayalar için uygulanabilir tüm laboratuvar deneyleri ve taşocağından çıkan kaynağın durumuna göre, mükemmel, iyi, orta ve zayıf koruma taşı olmak üzere dört sınıfta sınırlandırılmıştır.

Bu sınıflar;

- *Mükemmel – ideal*. Bu malzeme uzun dönemde ayrışma olmaksızın kullanılabilir özelliktedir
- *İyi – ortalamanın üzerinde.* Normal şartlarda malzemede önemli bir ayrışma beklenmemektedir ve özel bir korumaya ihtiyaç yoktur.
- *Orta – ortalama.* Önemli bir oranda ayrışma olabilir. Eğer ayrışma tahmin edilir ve patlatma tasarımı ona göre seçilirse üretim, yapım ve

tasarımda kalite artırılabilir. Kısa dönemde ortaya çıkan sorunlar eğer artarsa projenin performansı kısalabilir.

- *Zayıf – ortalamanın çok altında.* Eğer mümkünse ayrışmanın hızlı olacağı bu tip kayaların kullanımından kaçınılmalıdır.

BS 6349-7 (1991)' e göre bilinen kayaların koruma taşı olarak kullanılabilmesi için mühendislik özellikleri ve uygunluğu verilmiştir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Bilinen kayaların mühendislik özellikleri ve uygunluğu (BS 6349-7, 1991)

Kaya	Sismik Hız (km/sn)	Yoğunluk (t/m^3)	Su Emme (%)	Agrega Parçalanma Değeri (%)	Kuru Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	Açıklamalar
Sedimanter						
Kuvarsit	6.0-6.2	2.4-2.8	0.1-2.0	8-25	150-300	İyi koruma tabakası ve çekirdek
Kumtaşı	1.4-5.0	2.1-2.7	1-15	15-35	10-170	Genelde iyi koruma tabakası ve çekirdek
Silttaşı	-	2.1-2.3	-	15-35	5-100	Bazen çekirdek için uygun
Şeyl	2.3-4.7	2.0-2.5	1-10	-	5-100	Kısmen çekirdek için uygun
Kireçtaşı	2.0-6.4	2.2-2.6	0.2-5	12-40	30-250	Bazen iyi koruma tabakası ve çekirdek
Tebeşir	1.7-4.2	1.8-2.3	2-30	30-50	5-75	Bazen çekirdek için uygun
Magmatik						
Granit	5-6	2.5-2.8	0.2-2	10-25	100-250	Ayrışmamışlar genelde iyi koruma tabakası ve çekirdek
Diyorit	5.8-6.4	2.7-3.05	-	12-30	150-300	Ayrışmamışlar genelde iyi koruma tabakası ve çekirdek

Çizelge 2.4. Devamı

Kaya	Sismik Hız (km/sn)	Yoğunluk (t/m^3)	Su Emme (%)	Agrega Parçalanma Değeri (%)	Kuru Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı (MPa)	Açıklamalar
Gabro	6.4-6.6	2.8-3.1	1-5	8-25	150-300	Ayrışmamışlar genelde iyi koruma tabakası ve çekirdek
Riyolit	-	2.4-2.6	1-8	16-35	75-200	Bazen çekirdek için uygun
Andezit	2.6-5.2	2.2-2.5	0.2-10	18-40	50-200	Bazen çekirdek için uygun
Bazalt	5.4-6.4	2.7-3.1	0.1-2	12-25	150-300	Ayrışmamışlar genelde iyi koruma tabakası ve çekirdek
			Metamorfik			
Sleyt	2.3-4.7	2.6-2.8	-	16-35	100-200	Bazen çekirdek için uygun
Fillit	-	-	0.5-6	22-40	40-150	Bazen çekirdek için uygun
Şist	4.2-5	-	0.4-5	20-35	50-150	Bazen anroşman ve çekirdek için uygun
Gnays	3.3-7.5	2.8-3.0	0.5-5	14-30	50-200	Ayrışmamışlar genelde iyi koruma tabakası ve çekirdek
Mermer	3.7-6.9	2.6-2.7	0.5-2	20-35	100-275	Bazen koruma tabakası ve çekirdek için uygun
Serpantin	6-6.9	2.7-3.1	-	14-35	-	Genelde iyi koruma tabakası ve çekirdek

BS 6349-7 (1991)'de koruma yapısı dışında kalan dolgular içinde genel ve özel koşullar belirtilmiştir. Bu araştırma daha çok kaya koruma yapıları üzerine olduğundan Çizelge 2.5'te bunlara kısaca özetlenmiştir.

Çizelge 2.5. BS 6349-7 (1991)'e göre liman dolgusunda temel, çekirdek ve filtre malzemelerinde aranan özellikler

No	Temel tabakası, çekirdek ve filtre malzemesinde aranan genel özellikler
1	Şartname koşulları seçilen ocak, dalgakıran enine kesiti ve yapım yöntemine göre belirlenmelidir.
2	Temel ve filtre malzemeleri birbirini aşındırmayacak ve yıkamayacak özellikte seçilmelidir.
3	Temel ve filtre malzemelerinin boyut ve derecelendirme değerleri ortalama D_{50} değerinde olmalıdır ve D_{85}/D_{50}, D_{15}/D_{50} oranları belirlenmelidir.
4	Çekirdek malzemesi su içine dökülürken kompaksiyon yapılmadan nispeten yüksek yoğunluğa ulaşmalıdır.
5	Çekirdek malzemesinin maksimum boyutu, ocak, koruma katmanı ve diğer tabakalara bağlıdır. 1 ton genelde yeterlidir. Fakat yerleştirme esnasında şişme olması durumunda 3 tona kadar bloklar kullanılabilir.
6	Ocaktan yükleme esnasında çekirdek ve diğer tabakalar için istenmeyen boyuttaki malzemeler ayıklanmalıdır.
7	Çekirdeğin toplam kütlesinin %5-%10 arası ince taneler göz ardı edilebilecek oranlardır.
8	Dış katman dışında kalan tabakaların toplam ağırlığı, dış katmanın ağırlığının 1/10'undan az olmamalıdır.

CIRIA/CUR (1991)'de yayınlanan şartname ve deney yöntemlerinden sonra özellikle kaya koruma malzemesine yönelik olarak BS EN 13383-1 (2002) ve BS EN 13383-2 (2002) yayınlanmıştır. Avrupa Standartlaştırma Komitesi tarafından bu standartlar aynı zamanda EN 13383-1 (2002) ve EN 13383-2 (2002) olarak kabul edilmiştir. Dilimize çevirisi 2004 yılında yapılan bu şartname ve deney yöntemleri TSE tarafından da kabul edilerek TS EN 13383-1 (2004) ve TS EN 13383-2 (2004)

olarak yayınlanmıştır (Çizelge 2.6). Daha sonra TC Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü (DLH, 2007) tarafından CIRIA/CUR (1991), EN 13383-1 (2002), EN 13383-2 (2002), TS EN 13383-1 (2004) ve TS EN 13383-2 (2004) standartlarına atıflarda bulunarak bir teknik şartname 2007 yılında hazırlamıştır.

Çizelge 2.6. TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2 (2004) standardına göre koruma taşının özellikleri

Deney	**Şartname Limitleri**	**Deney Standardı**
Ayrışma derecesi	I - II	
Süreksizlik aralığı (m)	1.00+	
RQD (%)	80-100	
Petrografik Görünüm	Kristaller iyi kenetlenmiş, kil minerali ve eriyebilir mineral olmayacaktır.	ASTM C 295
Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr /cm^3)	≥ 2.50	TS 699 - Ocak 1987
Hacimce Su Emme Oranı %	≤ 3.0	
Basınç Dayanımı (kgf /cm^2)	≥ 500	
Los Angeles Aşınma Direnci %	≤ 40	TS 2513 – Şubat 1977
Tabii Don Dayanımı %	≤ 5	
Don Kaybı Deneyi ($MgSO_4$) %	≤ 25	TS EN 13383-1 ve TS EN 13383-2, Nisan 2004
Don Kaybı Deneyi ($NaSO_4$) %	≤ 18	
Sürtünme ile Aşınma Kaybı	≤15 cm^3 / 50 cm^2	
Arazide Düşürme Testi	Ana boyutta kırılma olmayacak ve çatlak oluşmayacaktır.	
Arazide Bekleme - Yerinde Gözlem	Ocak yerinde veya kullanılacağı yerde 12 ay beklediği sürede çatlak oluşumu, parçalanma ve ayrışma olmayacaktır.	

Ülkemizde özellikle geçmiş yıllara kadar ulusal ve uluslararası standartların çok aşağısında kalan bir standart kullanılmaktaydı. Bu standarda göre, Deniz İşlerine Ait Genel Teknik Şartnamesinde, kullanılacak kayaların yoğunluğuna yönelik değerler verilmiştir (LEPDB, 1995). Bu değer önceki yıllarda 2.5 ton/m^3 iken 2 Şubat 1995 ten itibaren 2.2 ton/m^3 olarak alınmaktaydı. Yetersiz olan bu standart, kıyı yapıları inşaatlarından sorumlu bir kurum olan TC Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları (DLH) İnşaatı Genel Müdürlüğünün; su ve deniz ortamlarında kullanılacak kaya korumalara ve kayaların niteliklerine yönelik yayınlamış olduğu bir şartname ile dünyada kabul görür hale getirilmiştir (DLH, 2007).

2.1.1. CIRIA / CUR Sınıflaması (1991; 2007)

Genelde dünyada hidrolik yapılarda yaygın olarak kullanılan doğal yapı gereçlerinin özgül nitelikleri ile bu gereçlere ait limitlerin belirlenmesinde "CIRIA (İngiltere İnşaat Sektörü Araştırma ve Enformasyon Kurumu) ve CUR (Hollanda İnşaat Mühendisliği Araştırma ve Standartlar Merkezi) tarafından yayınlanan kıyı mühendisliği el kitabından yararlanılmaktadır.

Bu kaynakta, deniz yapıları kapsamında projelendirilen koruyucu tabaka, filtre tabakası ve çekirdek / dolgu malzemesinin için istenen parametre ve limitler bulunmaktadır. İdealize kaya kalitesini temsil eden tipik değiştirgeler; ayrışma derecesi, süreksizlik aralığı, RQD, porozite, su emme, tek eksenli basınç dayanımı ve kaya yoğunluğudur. Bu parametrelerin dışında blok boyutu, süreksizliklerin niteliği, mukavemet parametreleri, darbeye dayanıklılık gibi ölçütler dikkate alınmaktadır.

1991 yılında yayınlanan ilk CIRIA/CUR el kitabından sonra ikinci basımı 2007 yılında yapılmıştır (CIRIA/CUR, 1991; CIRIA/CUR/CETMEF, 2007). CIRIA/CUR (1991)'de kayaların kıyı mühendisliğinde kullanımı üzerinde durulmuştur. Bu çalışma 1995 yılında CUR tarafından kayaların barajlarda ve diğer akarsu yataklarında kullanımına yönelik olarak revize edilmiştir (CUR, 1995). 1980'li yılların sonunda benzer konudaki çalışmalar Fransızca olarak yayınlanmıştır (EDF-LNH RED, 1987 ve LCPC, 1989). CIRIA tarafından yapılan son çalışmada

özellikle ilk çalışmanın yayınlandığı 1991 yılından sonraki 10-15 yıllık süreçte konuyla ilgili kazanılan tecrübe ve gelişmeler ortaya konmuştur (CIRIA/CUR/CETMEF, 2007). Son CIRIA (2007) çalışmasında aşağıda ana başlıkları halinde verilen konular 1991'deki sürümüne göre detaylandırılmıştır. Bunlar;

- Kayaların kıyı mühendisliğiyle birlikte kara içindeki su yapıları için kullanımı,
- Koruma malzemesi olarak doğal kaya kullanımının yanısıra beton koruma malzemesi kullanımı,
- Kaya koruma teknik şartnamesi ve kaya yapıları için model yapım teknik şartnamesinin yenilenmesi,
- CIRIA/CUR (1991)'i temel alan yeni Avrupa Standardı olan EN 13383 (2002) ile karşılaştırma yapılması,
- Jeoteknik çalışmalar için "Eurocodes"u ilgili yerlerde kaynak olarak gösterilmesi
- Blok sağlamlığı, taşınması, yerleştirilmesi, ocak verimi ve blok boyutu dağılımının belirlenmesi üzerine yeni araştırmalar,
- Yenilenen risk değerlendirme modeli veya yöntemi,
- Dalga aşımı, dalga hızı ve dalga yayılımı için yenilenen yöntemler,
- Sığ sularda dalga yüksekliğini de içeren temsili dalga parametreleri ve iklim tanımlanmasına yönelik çalışmalarda düzeltme,
- Dalga ve su seviyelerini içeren hidrolik tasarım koşullarının yenilenmesi,
- Akarsu yapıları için, akarsu hidroliği ve tasarım koşullarının yenilenmesi,
- Alçak dalga tepeli yapıların stabilitesi, dikey dalga kırıcılarda topuk koruması, sığ kıyılardaki kaya koruma yapıları ve tepe elemanları üzerindeki kuvvetlerin hesaplanmasının yenilenmesi,
- Kaya yapılarının arka tarafının stabilitesi, kaya dolgusu yapılarının yataklanma stabilitesi, statik koşullarda duraylı olan ve dalga kıranların tasarımı, inşası ve buz yüklerine karşı yapısal tepkilerin belirlenmesine yönelik olarak ilk defa sunulan yöntemler,

- Limanlarda kaya koruma çalışmalarının tasarımı,
- Tamamen yenilenen izleme (Monitoring), araştırma, koruma ve tamir etme bölümü ile CIRIA'nın 1991'deki hali detaylandırılmıştır.

Ayrıca, CIRIA (1991) yayınında yer alan aşağıdaki kısımlar 2007 çalışmasında değişmiş veya çıkarılmıştır.

- Çakıllı kıyılar çıkarılmıştır ve bu tip çalışmalarda kıyı tasarımına yönelik kaynaklar belirtilmiştir.
- Su aşınmasına yönelik kısım çıkarılmıştır ve bu konunun daha detaylı açıklandığı kitap ve yayınlar kaynak olarak gösterilmiştir.
- Kaya ölçümü, hidrolik, teknik veri toplama ile ilgili ekler kısmı çıkarılmıştır.

2.1.1.1. Kaya Türlerinin Kaynağında Değerlendirilmesi

Deniz yapılarında kullanılacak kaya malzemelerin seçilmesinde kayanın; rengi, yoğunluğu, su emme ve porozitesi, süreksizliklerin konumu, ayrışma durumu, mineralojisi ve petrografisi, sağlam kayanın mukavemeti, blok bütünlüğü, blok şekli, blok ağırlığı ve boyutu ön planda tutulmaktadır. Malzeme araştırmalarında ilk adım olarak jeolojik araştırma ve haritalama yapılmalı ve potansiyel kaya malzemesi öncelikle kaynağında irdelenmelidir. Uygun kaya malzemesi taş ocağında yapılacak kayanın fiziksel ve jeolojik özelliklerinin ayrıntılı değerlendirilmesine dayalı olarak seçilmelidir. Belirlenen kaynakta ayrışma durumu laboratuar deneyleri ile elde edilecek sonuçları doğrudan etkilemektedir. Ayrışmaya koşut olarak kayaların mineralojisi, oluşumu, süreksizliklerin durumu, bölgesel metamorfizma, tektonizma ve faylanma kaya kalitesini belirleyen önemli faktörlerdir. Ayrışma, kayaların uzun jeolojik zaman sürecinde iklim koşullarına maruz kalması sonucunda oluşur ve bu süreçte mekanik ve kimyasal ayrışma birlikte hareket eder. Ayrışma dereceleri petrografik değerlendirmelerle birlikte kullanılabilir. Çizelge 2.7'de görüldüğü gibi ayrışma derecesi III ve daha yüksek ayrışmaya uğramış malzemeler genelde tahkimat için uygun görülmemektedir. Bu kayalar deniz koşullarında zayıf dayanım özellikleri

sergiler. CIRIA (2007)'de BS 5930 (1999)'da verilen ayrışma şemasının kullanılması tavsiye edilmektedir. Çizelge 2.7'de bu ayrışma şemasının bir özeti verilmektedir.

Çizelge 2.7. Kaya malzemesinin ayrışma dereceleri (CIRIA /CUR, 1991; 2007)

Tanım	Ayrışma derecesi	Açıklama	Malzeme özellikleri
Taze	IA	Belirgin bir ayrışma izi yok	Kaya özellikleri ayrışma ile etkilenmemiş. Kayacın mineral yapısı taze ve sağlam
Çok az ayrışmış	IB	Ana süreksizlik düzlemleri boyunca(örnek: eklem) renk değişimi	Kaya özellikleri ayrışma ile önemli ölçüde etkilenmiştir. Mineral yapısı sağlamdır
Az ayrışmış	II	Süreksizlik düzlemlerindeki renk değişimi kayanın ayrışmasını gösterir. Tüm kaya malzemesinin rengi değişmiş olabilir ve kaya taze konumundan daha zayıf olabilir	Kaya özellikleri ayrışma ile önemli ölçüde etkilenmiş olabilir. Dayanım ve ayrışma karakteristikleri azalma gösterebilir. Mineral yapının mikro çatlaklar ile alterasyonu gözlenebilir
Orta derecede ayrışmış	III	Kaya malzemesinin yarısından azı ayrışmış ve/veya parçalanarak zemine dönüşmüştür. Taze veya renk değişimine uğramış kaya, sürekli kütleler veya çekirdek şeklinde gözlenir	Kaya özellikleri ayrışma ile önemli ölçüde etkilenmiştir. Sağlamlık özellikleri belirgin şekilde etkilenmiştir. Mineral yapının alterasyonu yaygın ve mikro çatlaklar çok fazla
Çok ayrışmış	IV	Kaya malzemesinin yarısından fazlası ayrışmış ve/veya parçalanarak zemine dönüşmüştür. Taze veya renk değişimine uğramış kaya, sürekli kütleler veya çekirdek şeklinde gözlenir	Her zaman koruyucu veya filtre tabakaları için uygun değildir ancak daha iyi malzeme bulunmadığı durumlarda bazen çekirdek malzemesi için uygun olabilir

Çizelge 2.7. Devamı

Tanım	Ayrışma derecesi	Açıklama	Malzeme özellikleri
Tümüyle ayrışmış	V	Kaya malzemesinin tamamı ayrışmış ve/veya parçalanarak toprak zemine dönüşmüştür. Özgün kütle yapısı önemli ölçüde sağlamdır	Koruyucu veya filtre tabakaları için uygun değildir ancak başka malzeme bulunmadığı durumlarda çekirdek malzemesi için uygun olabilir
Artık (rezidüel) zemin	VI	Kayacın tümü toprak zemine dönüşmüştür. Kayacın kütle yapısı ve dokusu tahrip olmuştur. Hacimsel olarak büyük değişiklik olmasına karşın zemin önemli ölçüde taşınmamıştır	Belirli koşullarda gelişigüzel dolgular veya çekirdek malzemesi için (örneğin jeotekstil ile birlikte) kullanılabilir

2.1.1.2. İdealize Kaya Kalitesi

Kayacın özellikleri genel anlamda değerlendirildikten sonra, ayrıntılı ocak etüdü ve gerekli deney programı ile malzemenin fiziksel ve dayanım özellikleri belirlenmelidir. Bu anlamda, kayanın ayrışma derecesi, süreksizlik aralıkları ve RQD değeri ile ilgili olarak ocak alanında değerlendirme yapılmalı ve laboratuar deneyleri ile desteklenmelidir. Don kaybı, donma/çözülme, metilen mavisi emme değeri vb. deneylerden elde edilen veriler jeolojik ayrışmanın kayanın deniz yapılarındaki performansını ne ölçüde etkileyebileceği konusunda ön bir değerlendirme sağlar. Uygun malzemenin seçiminde dikkat edilmesi gerekli konular Çizelge 2.8'de verilmektedir.

Çizelge 2.8. Deniz yapıları için idealize tipik kaya kalitesi parametre aralıkları (CIRIA / CUR, 1991-2007; DLH, 2007)

Deney veya Gözlem	Koruyucu Tabaka	Filtre Tabakaları	Çekirdek / Dolgu
Ayrışma Derecesi	I - II	I - II	I - II
Süreksizlik aralığı (m)	1.00 +	0.50 +	0.20 +
RQD (%)	80 – 100	75 – 100	55 – 100
Porozite (%)	0 – 5	0 – 100	0 – 10
Su emme (%)	< 2.0	<2.5	<3.0
Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)	> 100	>100	>50
Kaya yoğunluğu (t/m^3)	>2.6	>2.6	>2.0

2.1.1.3. Kaya Kalitesinin Değerlendirilmesi

Kayaların dayanıklılığı ile ilgili olarak CIRIA (1991;2007)'nın önerdiği rehber niteliğinde bir çizelge hazırlanmış ve deney sonuçları "mükemmel", "iyi", "orta" ve "zayıf" olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 2.9). Uygulamada "mükemmel" ve "iyi" sonuçlara sahip kayalar koruma tabakası ve çekirdekte tercih edilmektedir. Orta ve zayıf kaya kalitesine sahip malzemeler ise genellikle kaya koruma yapısının çekirdek kısmında kullanılmaktadır. Deney sonuçları kadar kaya malzemesinin üretim ve yapım aşamasındaki amacına uygunluğu da ocaktaki durumuna bağlı olarak ayrıca değerlendirilmektedir. Kaya kalitesi değerlendirilirken kayaya ait bazı özellikler projenin belli aşamalarına göre önem arz etmektedir. Değerlendirmede projenin hangi aşamasında ne gibi özelliklere dikkat edileceği CIRIA (2007)'de çizelge halinde ayrıca belirtilmiştir (Çizelge 2.10).

Çizelge 2.9. Kaya dayanıklılığı ölçütleri (CIRIA / CUR, 2007; DLH, 2007)

Deney	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Açıklamalar
Kaya yoğunluğu (t/m^3)	>2.7	2.5 – 2.7	2.3 – 2.5	<2.3	Hidrolik stabiliteyi etkileyen fiziksel özellik. Sıkı fakat ayrışmış bazik kayalar dışında sağlamlığın iyi bir göstergesi.
Su emme (%)	<0.5	0.5 – 2.0	2.0 – 6.0	>6.0	Parçalanmaya karşı direncin tek en önemli göstergesi. Ayrışma direncinin iyi bir göstergesi. Geniş serbest drenaj boşlukları bulunan boşluklu kireçtaşı için çoğun yanıltıcı sonuçlar erebilir.
Don kaybı ($MgSO_4$) %	<2	2 – 10	10 – 30	>30	Ayrışmaya karşı direnci gösterir. Sıcak kuru iklimlerde kullanılacak gözenekli sedimanter kayalar için önemli bir deney.
Donma / çözülme kaybı (%)	<0.5	0.5 – 1	1 – 2.0	>2.0	Dondurucu kış iklimleri için önemli bir deney (özellikle baraj gövdeleri).
Metilen mavisi emme değeri (g/100g)	<0.4	0.4 – 0.7	0.7 – 1.0	>1.0	Zararlı kil minerallerinin varlığını gösterir.
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	Kayanın gerilme koşulları altındaki dayanımını gösterir.
Kırılma tokluğu ($MPa.m^{1/2}$)	>1.7	1.0 -1.7	0.6 – 1.0	<0.6	Kırılmalara (yeni çatlaklar boyunca)karşı direnci gösterir. Aşınma direnci ile iyi bir korelasyon. Büyük blokların darbe dayanımı için yanıltıcı olabilir.
Nokta yükleme indeksi $I_{s(50)}$ (Mpa)	>8.0	4.0 – 8.0	1.5 – 4.0	<1.5	Kırılmalara karşı direnci gösterir. Çok sayıda örnek için hızlı deney. Büyük blokların darbe dayanımı için yanıltıcı olabilir.
Islak dinamik ezilme değeri (%)	>12.0	12 – 20	20 – 30	<30	Kırılmalara karşı direnci gösterir. Hızlı bir deneydir.
Blok bütünlüğü (düşürme deneyi) Id (%)	<2	2.0 – 5.0	5.0 – 15	>15	Büyük blokların Tip 1 (zayıflık düzlemleri boyunca) kırılmalarına karşı direnci gösterir.

Çizelge 2.10. Kaya malzeme özelliklerinin proje aşamalarındaki önem dereceleri (CIRIA, 2007).

Özellik	Temel aşama	Üretim aşaması	Yapım aşaması	Özellik sınıfı
Estetik	**	-	*	Fiziksel ve çevresel
Petrografi	**	-	-	Fiziksel, kimyasal ve çevresel
Kaya yoğunluğu	**	-	-	Fiziksel
Kaya porozitesi	**	-	-	Fiziksel
Su emme	**	-	-	Fiziksel
Sürtünme ile aşınma	**	-	-	Mekanik
Ayrışmaya olan direnç	**	-	-	Fiziksel ve mekanik
Kaya mukavemeti	**	*	-	Mekanik
Blok boyutu	**	**	-	Geometrik
Blok bütünlüğü	**	*	-	Fiziksel ve mekanik
Blok şekli	**	**	-	Geometrik
Kayanın kütlesi veya boyut dağılımı	*	**	-	Geometrik
Kaya tabaka porozitesi	-	*	**	Geometrik ve çevresel
Kaya tabaka kalınlığı	-	*	**	Geometrik
Kaya bütünlüğü	*	**	*	Geometrik

**: Çok önemli, *: Önemli, -: Önemsiz

2.1.2. Karayolları Teknik Şartnamesi (TCK, 2006)

Ülkemizde kullanılan bir diğer taş dolgu malzemesine yönelik standart ise Karayolları Teknik Şartnamesinde yer alan standarttır. TS EN 13383-1 (2004) ve TS EN 13383-2 (2004) standartlarında belirtilen nitelikler ile hemen hemen aynı özellikler bu standartta da yer almaktadır. Karayolları Teknik Şartnamesi'nde tahkimat taşının homojen, sık kristallerden oluşan, sağlam, sert, aşınma, don ve hava tesirlerine karşı dayanıklı, süreksizlik içermeyen veya az sayıda süreksizliği bulunan, Çizelge 2.11'de belirtilen özelliklere sahip olması istenmektedir.

Çizelge 2.11. Tahkimat Taşının Özellikleri (Karayolları Teknik Şartnamesi, 2006)

Deney	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Petrografik Görünüm	Kristaller iyi kenetlenmiş, kil minerali ve eriyebilir mineral olmayacaktır.	ASTM C 295 (1991)
Ayrışma derecesi	I - II	
Kuru Birim Hacim Ağırlık (gr /cm^3)	≥ 2.60	
Hacimce Su Emme Oranı %	≤ 2	
Basınç Dayanımı (kgf /cm^2)	≥ 500	TS 699 - Ocak 1987 ve TS 2513 – Şubat 1977
Los Angeles Aşınma Direnci %	≤ 25	
Tabii Don Dayanımı %	≤ 5	
Don Kaybı Deneyi ($NaSO_4$) %	≤ 2	
Sürtünme ile Aşınma Kaybı	≤15 cm^3 / 50 cm^2	
Islanma - Kuruma Etkisi (35 Döngü Sonrası)	Önemli derecede çatlak oluşumu ve gelişimi olmayacaktır.	ASTM D 5313 – 92 (1997)
Arazide Düşürme Testi	Ana boyutta kırılma olmayacak ve çatlak oluşmayacaktır.	(Bkz. Not - 2)
Arazide Bekleme - Yerinde Gözlem	Ocak yerinde veya kullanılacağı yerde 12 ay beklediği sürede çatlak oluşumu, parçalanma ve ayrışma olmayacaktır.	

Not–1. Don Kaybı Deneyi; Tabii Don Dayanımı deneyinin çabuklaştırılmış şekli olduğundan, Tabi Don Dayanımı deneyinin yapılmadığı durumda yapılacaktır.

Not–2. Arazide Düşürme Testi; Yükleyici tarafından 3m yüksekliğe taş bloğunun sert bir yüzey üzerine düşürülmesi ile yapılacaktır.

Not–3. Islanma - Kuruma Etkisi deneyi yapılması zorunlu olmayan ancak yapılması yararlı olan bir deneydir.

2.2. Konuyla İlgili Araştırmalar

Tuğrul (1995), bazaltların mühendislik özelliklerine ayrışmanın etkisi adlı doktora çalışmasında, Niksar (Tokat) bölgesindeki bazaltlarda ayrışmanın neden olduğu özellik değişimlerini incelemiştir. Ayrışmadan oldukça etkilenen bazaltlar için yeni bir sınıflama geliştirmiş ve petrografik ayrışma indeksi ile sayısal olarak ifade etmiştir. Ayrıca, fiziksel ve mekanik özellikler ile bu indeks değerleri karşılaştırarak belirli bir ayrışma sınıfından sonra bazaltların kaya özelliklerini yitirmeleriyle ile ilgili olarak mühendislik özelliklerinde büyük oranda değişimlerin olduğunu belirlemiştir.

Lienhart (1998), kıyı koruma yapılarında kullanılacak malzemenin belirlenmesi amacıyla kaya mühendisliği oranı sistemi (RERS) kavramını önermiştir. RERS bir koruma malzemesinin kalitesinin değerlendirilmesi için çeşitli bileşik yöntemlerden oluşmaktadır. Bu yöntemlerde, üretim tarzları ve onlarla ilişkili alt deneyler göz önünde bulundurulmaktadır. Üç ana grupta toplanan bu yöntemler, jeolojik süreçler, üretim ve yapım yöntemleri ve kayanın mekanik özeliklerini içeren yöntemlerdir.

Hoş (1999), Akdeniz kıyılarında inşa edilen liman, dalgakıran, havaalanı pist dolguları ve taş dolgu kıyı koruma amaçlı deniz yapısı inşaatlarında önemli kaya kalitesi sorunlarından bahsettiği çalışmasında, özellikle kireçtaşları kullanımına dikkat çekmiştir. Genelde kaya malzemesindeki problemlerin kireçtaşlarının kullanıldığı bölgelerde ortaya çıktığını belirtmiştir. Bu sorunun aşılmasında mühendislik jeolojisi prensiplerinin laboratuar deneyleri ile birlikte ele alınmasını vurgulamıştır.

Çetin ve diğ. (2000), kil çekirdekli kaya dolgu baraj olarak dünyanın dördüncü en büyük barajı olan Atatürk Barajında kaya dolgu olarak kullanılan ancak duraylılık sorunlarına neden olan bazaltları incelemişlerdir. Barajın kaya dolgusunda iki tip bazalt kullanılmıştır. Bu bazaltlardan masif özellikte olanlar, yapılan petrografik analizlerde ve mekanik deneylerde sorunlu gözükmezken, gaz boşluklu olan ayrışmış bazaltlarda ise dayanımın çok düşük olduğu ve aşınmaya karşı duraylı olmadığı tespit edilmiştir. Gözenekli bazaltlardaki dayanımın düşük olmasının nedenini ise, olivin mineralinin iddingsitleşme sonucunda demirce zengin bir simektit grubu mineral olan nontronit'e dönüşmesi olarak açıklamışlardır.

Maharaj (2001), yaptığı çalışmada Pohnpei adasındaki (Mikronezya) volkanik kayaların jeolojik ve jeoteknik değerlendirmesini yapmıştır. Bu amaca yönelik olarak çok sayıda iyi kalitede inşaat agregası kaynağı bulunmuştur. İnce taneli, yüksek yoğunluklu, sütunsal, dayanımlı olivin bazaltlardan oluşan bazik volkaniklerin blokları düşük kırılma indeksine sahip olup, düşük ayrışmada sahil kısımlarda iyi mostra vermektedirler. Soğuma çatlaklarından oluşan süreksizlik yüzeyleri patlatma ve kazı için doğal zayıf zonlar oluşturmaktadır. Jeoteknik özelliklerine bağlı olarak bu tip kayaların limanlarda dış dolgu, yapı betonu, kaldırım taşı, bitümlenmiş kaldırım taşı, yol alt yapısı ve beton harcı olarak kullanmanın mümkün olduğunu belirtmiştir.

Topal ve Acar (2004), Karadeniz bölgesinde yer alan Helald barınağında kıyı koruma yapısı olarak kullanılmak üzere kireçtaşı ve kumtaşı olmak üzere iki koruma malzemesi belirlemişlerdir. Çalışma alanı civarında bulunan kireçtaşı ve kumtaşı üzerinde laboratuvar deneyleri yaparak sonuçları standartlarla kıyaslamışlardır. Değerlendirmede CIRIA/CUR (1991) ölçütü temel alınarak her iki kayanında doygunluk katsayısı, ıslak-kuru dayanım oranı ve kaya sağlamlık indeksi değerleri belirlenmiştir. Değerlendirmeler her iki kayanında arazi performanslarıyla karşılaştırılmıştır ve kireçtaşının iyi kalitede, kumtaşının ise orta – zayıf kalitede olduğu ve kıyı koruma yapısı olarak kireçtaşının kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Acar ve diğ. (2004), Bakü-Tiflis-Ceyhan Petrol Boru hattının Yumurtalık (Ceyhan-Adana) liman yapımında dolgu ve koruma malzemesi olarak kullanılacak

olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı olivinli-alkali bazaltların fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Olivinli bazaltlarında ayrışmanın artmasıyla dayanım özelliklerinin düştüğünü ve bu tipte olan bazaltların liman yapımında kullanılamayacağını belirtmişlerdir.

Acır ve Topal (2005), yaptıkları çalışmada Helaldı (Sinop) balıkçı barınağı dalgakıranında kullanılan kayaların mühendislik jeolojisi özelliklerini incelemişlerdir. Bu çalışmalarında kayaların doğal ortamdaki davranışlarıyla, deneysel davranışları bir bütün olarak incelenmiştir. Bu çalışmada malzeme olarak Eosen yaşlı kireçtaşı kullanılmıştır. Çalışmacılar kireçtaşını seçmelerindeki en önemli nedenleri, kireçtaşı blokları içersinde mikrofisürlerin bulunmaması, eklem açıklıklarının çok az olması, eklem yüzeylerini oluşturan duvarlarda Schmidt çekicinin iyi mukavemet değerleri vermesi, ocakta yer altı suyu ve killeşmenin olmaması olarak göstermişlerdir.

Sevdinli (2005), Ceyhan (Adana) bölgesindeki yaptaşı blok potansiyeline yönelik olarak yaptığı çalışmasında, bu bölgede bulunan bazalt ve kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmıştır. Bölgedeki bazaltları kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından ayrışmış ve ayrışmamış olarak ikiye ayırmıştır. BTC deniz limanı için incelemiş olduğu dört farklı kaya grubundan koruma kayacı olabilme yeteneğinin en yüksek Pliyo-Kuvaterner yaşlı masif özellikteki ayrışmamış bazaltların olduğunu belirtmiştir. Oligosen – Üst Eosen yaşlı kireçtaşlarının ise deniz içi koruma kayacı olarak kullanılmasının uygun olmadığını, buna karşılık rekristalize kısımların kullanılabileceğini belirtmiştir.

Latham vd. (2006), koruma taşı olarak kullanılacak malzemenin patlatma tasarımı ve ürün tahminiyle ilgili gerekli üretim şekilleri hakkında önerilerde bulunmuşlardır. Bir koruma taşı ocağı için gerçekçi özelliklerle bir kaya kütlesinin varsayıma dayalı patlatma tasarımlarının karşılaştırmalı model sonuçlarını, koruma taşının üretimi ve ürün tahminiyle ortaya koymuşlardır.

Özden (2006), Bazı Karadeniz dalgakıranlarında kullanılan kaya dolgu malzemesinin kalite değerlendirmesini yapmış olduğu çalışmasında, beş farklı taş ocağından alınan örnekleri laboratuvar ortamında incelemiştir. Yapılan arazi ve laboratuvar incelemeleri sonucunda ocaklardan seçilen üç kireçtaşının iyi, andezitin

orta, kumtaşının zayıf derecede olduğu bulunmuştur. Ayrıca CIRIA/CUR, RDI_d, RERS ve ıslak-kuru dayanım oranı sınıflandırmalarının arazi gözlemleri ve laboratuvar sonuçlarıyla uyumlu, RDI_s, ortalama gözenek çapı ve donma katsayısı sınıflarının ise tam olarak gerçeği yansıtmadığını belirlemiştir.

Acır ve diğ. (2007), Samsun Limanı Ana (Kuzey) Mendireğinde koruma taşı olarak kullanılan Kirazlık ve Demirci ocaklarından getirilen bazalt taşlarının duraylılıkları inceledikleri bu çalışmada, 1963 yılından beri kullanılan kayaların zaman içerisinde hidrodinamik ve jeokimyasal süreçler nedeniyle bozunmaya uğradıkları belirlenmiştir. Bozunma süreçlerine bağlı performans kayıplarını incelemek için her iki ocaktan alınan sağlam bazalt bloklarının standartlara göre mühendislik özellikleri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar, CIRIA/CUR (1991) ve Fookes (1988)' un "Dinamik Kaya Duraylılık Sınıflaması"na göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre; CIRIA/CUR (1991) sınıflandırmasında Kirazlık koruma kayalarının "Orta", Demirci'nin "İyi" olduğu, "Dinamik Kaya Duraylılık" sınıflamasında göre ise, Kirazlık ve Demirci kaya koruma yapılarının dinamik duraylılık puanlarının "İyi" sınıfında olduğu belirlenmiştir. Çalışmacılar, bozunmuş kayalardan alınan örneklerde yapmış oldukları ince kesitlerde mineral dokuları boyunca killeşme ve mikro çatlaklar içinde de karbonatlaşma gözlemişler ve bu nedenle, deniz suyunun kaya koruma yapısının bozunması üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, pH ve tuzluluk oranlarının, iki su arasındaki en belirgin fark olduğu, her iki ocağa ait taş örnekleriyle tekrarlanan deneylerde ise, 5. çevrim sonunda tuzlu su kullanılan tamburda kalan malzemenin normal su ile yapılan örneğe göre % 1-2 daha az olduğu gözlenmiştir. Kaya koruma yapılarının duraylılıklarının incelenmesi için deniz suyu kullanılmasının daha gerçekçi sonuçlar verdiği de gözlenmiştir.

Durmuş (2007), Mersin bölgesindeki taş dolgu kıyı duvarı, mahmuz, iskele, dalgakıran, yat limanı gibi kıyı koruma yapılarını fonksiyonellik, boyutlandırma ve stabilite açısından incelemiştir. Yapmış olduğu inceleme sonucunda kıyı koruma yapı tiplerinin tamamına yakınının ortak sorununun filtre tabakasının bulunmayışı olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak da ileride yapıların stabilite problemi yaşayabileceğini belirtmiştir.

Ertaş ve Topal (2008), Mersin ve Kumkuyu limanları için kıyı koruma yapısı olarak iki farklı sahadan seçilen dört farklı kireçtaşı kullanılmıştır. Kireçtaşları farklı karakter ve arazi performansına sahiptir. Arazi ölçümleri ve laboratuvar deneyleri sonucunda Değirmençayı ocağı ve Tirtar ocağının üst seviyesindeki kireçtaşları iyi kalitede, Tirtar ocağının orta ve alt seviyesindeki kireçtaşı seviyelerinin ise zayıf kalitede olduğu belirlenmiştir. Ayrıca değerlendirmelerde tahminler ve arazi şartları arasında yapılan CIRIA/CUR (1991) ölçütü, dinamik kaya sağlamlık indeksi (RDI_d), kaya mühendislik oranı sistemi (RERS) ve ıslak-kuru dayanım oranı arazi performanslarını üzerinde en iyi sonucu verdiğini belirtmişleridir. Ayrıca, kireçtaşlarının sağlamlığının belirlenmesinde statik kaya sağlamlık indeksi (RDI_s), ortalama gözenek çapı ve doygunluk katsayısı kullanımının sağlıklı olmayan sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

2.3. Çalışma Alanıyla İlgili Araştırmalar

Schimdt (1961), 1957-1960 yılları arasında Adana bölgesinin genel stratigrafisini ilk olarak çalışmıştır. Bölgede, 47 kaya birimini ayırtlayarak isimlendirmiştir. Bu çalışmaların sonucunda Bulgurdağ petrol sahasını belirleyerek, petrolün gömülü tepe ile stratigrafik kapanlarda olabileceğini ortaya koymuştur. Yazarın önerdiği isimlerin büyük bir çoğunluğu hala kullanılmaktadır.

Doyuran (1980), Dörtyol ve Erzin ovalarının hidrojeolojisi ve işletme çalışmaları isimli doçentlik tezinde bu bölgedeki akiferin serbest akifer olduğunu ve Haydar (Erzin) Formasyonu ile Delihalil Formasyonunun başlıca akiferleri oluşturduğunu belirtmiştir. Dörtyol ve Erzin ovalarının kıyı ovaları olması nedeniyle yeraltısuyu işletmesinin akifer üzerindeki etkisinin gözlenmesinin yararlı olacağından ve kıyı boyunca oluşabilecek tatlı-tuzlu su girişiminin araştırılması gerektiğinden bahsetmiştir.

Bilgin ve Ercan (1981), Misis Karmaşığı ile ilgili olduğu düşünülen, Kuvaterner yaşlı bazaltlar üzerinde araştırma yaparak levha tektoniğine göre bunların kökenlerini yorumlamışlardır. Söz konusu çalışmada yapılan petrografik incelemeye göre, bölgede gözlenen bazaltların hafif alkalin özellik gösteren toleyitik bazaltlara

karşılık geldiği, sıkışma tektoniğinin halen etkili olduğu, KD-GB yönlü ikincil kırık hatlarının oluştuğu zayıflık zonlarından, manto malzemesinin toleyitik bazaltlar şeklinde yeryüzüne çıktığını ve bölgenin kıta kenarı olduğu fikrini savunmuşlardır.

Kozlu (1987), Misis – Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimi üzerine çalışmıştır. Bölgedeki yapısal ve jeolojik unsurları ortaya koymuşlardır.

Kelling ve diğ. (1987), Misis bölgesinde yapmış oldukları çalışmada Bulgurkaya Olistostromunu Misis Karmaşığı olarak tanımlamışlardır. Bloklu olan bu birimin çökelim sırasında naplardan, olistolit ve tektonik dilimşeklinde aktarıldığını açıklamışlardır. Bu bloklu birimin Miyosen döneminde kıta-kıta çarpışmasına bağlı olarak devamlı sıkışan ve dilimlenen yay önü havzada oluştuğunu belirtmişlerdir.

Pelen (1995), Dörtyol-Erzin ovasının kuzeybatısında bulunan bazaltların jeoloji, petrografi ve hidrojeolojik özelliklerini incelemiştir. İnceleme alanında 3 ayrı safhada yüzeylenme gösteren bazaltlarda, koyu renkli mineralleri olivinin oluşturduğu ve az oranda da piroksenlerin var olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca hidrojeolojik yönden gözenekli ve çatlaklı bazaltların masif bazaltlara oranla daha iyi akifer özelliğinde olduğuna ve iyi kalitede su içerdiğine değinmiştir.

Ünlügenç (1993), Adana Baseninin evrimi ve basenin oluşumunda etken olan faktörler üzerinde durmuştur. Ayrıca, Misis yükseliminin İskenderun ile Adana Basenlerini biri birinden ayırdığını belirtmiştir.

Kozlu (1997), çalışma alanındaki en geniş ölçekli çalışmayı yapmıştır. Çalışma alanı, Doğu Toroslar ile Amanos Dağları arasında, Anadolu levhacığı ile Afrika – Arap plakalarının birleştiği kenet kuşağında yer almaktadır. Kozlu çalışmasında, belirtilen alanın tektono-stratigrafi birimlerini ve bunların tektonik gelişimini incelemiştir. Misis – Andırın ve İskenderun havzalarının tektonik gelişim modellerini şekillerle açıklamış ve temel birimleri ayrıntılı tanımlayarak, bunların kenet kuşağı ve Arap – Afrika kıtalarına ait olduğunu belirtmiştir. Çalışmasının sonunda Antalya'dan Kahramanmaraş bölgesine kadar tüm Neojen havzaların stratigrafisine dayalı bölgesel korelasyon yapmıştır.

Parlak ve diğ. (1997), Türkiye'nin güneyinde yer alan Afrika-Anadolu levha sınırı boyunca çıkan Pliyo-Kuvaterner volkanizmasını detaylı incelemişlerdir. Kahramanmaraş'taki üçlü kesişim noktasında çarpışan Afrika, Anadolu ve Arap

levhalarının sürekli sıkışma tektonik rejimi sonucunda bu volkanizmanın oluştuğunu belirtmişlerdir. Volkanizma sonucu oluşan bazaltik lavlar, kolonsal şekilde soğuma çatlaklı olup, genelde aglomeralar ve tüflerle iç içedir. Burada oluşan volkanik kayaların olivin bazaltlar olduğunu açıklamışlardır.

Parlak ve diğ. (2000), Yumurtalık fayı boyunca gözlenen alkali bazaltların iz element ve SR-Nd izotop jeokimyasını inceledikleri çalışmalarında, güney Türkiye'de gözlenen kıta içi volkaniklerin Geç Pliyosen'den beri sol yönlü doğrultu atımlı fayların neden olduğu kıtasal kabuktaki kırıklar boyunca astenosferik mantodan türediklerini belirtmişlerdir.

Yurtmen ve diğ., (2000), İskenderun Körfezinin kuzeyinde yüzeylenen Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazaltların kökenini inceledikleri çalışmalarında bölgedeki bazaltların alkali karakterde olduğunu ve küçük ölçekli bir skorya konisi ve lavlardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Bazalt çıkışlarının Karataş-Osmaniye fay zonu boyunca geliştiğini ve bölgede, alkali olivin bazalt ve bazanit olmak üzere iki tip bazaltik grubun olduğunu belirtmişlerdir.

Yüce (2001), Hatay-Erzin ovası ve Burnaz kaynağının hidrojeolojik özelliklerini incelediği araştırmasında, çalışma alanındaki akifer birimleri, İskenderun basenine ait Üst Pliyosen-Pleyistosen yaşlı Erzin formasyonunun çakıl seviyeleri, Pliyo-Kuvaterner yaşlı gözenekli bazalt ve Kuvaterner yaşlı alüvyonun kumlu çakıllı seviyeleri olarak tanımlamıştır. Çalışma alanında gerçekleştirdiği hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal değerlendirmeler sonucunda, Burnaz kaynağının kendi beslenim alanında yer alan bazaltlardan beslendiği ve günümüzde örtülü olan faylarla ilişkili kırıklar boyunca boşalan dokanak kaynağı özelliğinde olduğunu belirtmiştir.

Boyraz (2002), Misis – Andırın yapısal yükseliminin olduğu alanın doğu kısmında yer alan genç birimlerin stratigrafik ve yapısal özelliklerini belirlemiştir. Çalışma alanındaki en yaşlı birimin Andırın formasyonun ait Dokuztekne üyesi ve en genç birimin bölgenin son tektonizma ürünü olan Delihalil bazalt olduğunu belirtmiştir.

Yurtmen ve Diğ. (2002), doğrultu atımlı Amanos fayındaki bazalt lavlarında yapılan K-Ar ve jeokimyasal analizlerle fayın atım hızının yılda 0.3-1.5 mm arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Keskin ve Kılıç (2003), Osmaniye Toprakkale ve Hatay Erzin ilçeleri sınırları içerisinde yer alan bazaltların kırmataş (agrega) olarak kullanılabilme olanaklarını araştırmışlardır. Yapmış oldukları fiziksel ve sertlik deneylerinde Toprakkale bazaltlarının oldukça sert, Erzin bazaltının ise çok sert olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca yapılan mekanik deneyler sonucunda, her iki bölgedeki kayaların yüksek dirençli kaya sınıfında yer aldığı ve darbe dayanımlarının oldukça iyi olduğu belirlenmiştir. Yapılan tüm deneyler sonucunda bölgedeki bazaltların kırmataş olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Ergül (2003), Osmaniye-Tüysüz köyü Delihalil tüf tepelerindeki piroklastik materyallerin seramik endüstrisindeki kullanılabilirliğini araştırmıştır. Bazalt tüfünün biçimsel özelliklerinin seramik ürünlerin mikro yapılarındaki gözeneklilik ve camsı yapılarındaki değişimlerde etkili olarak malzemenin yumuşama sıcaklığını düşürdüğünü, bazalt tüfünün biçimsel özelliklerinin seramik ürünlerin yapısını etkilediğini belirlemiştir.

Yaşar ve diğ. (2003), yapı kaplama kayalarının P dalga hızı ile fiziko-mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri incelediği çalışmasında 8 ayrı bölgeden seçilmiş kaya örnekleri üzerinde deneyler yapmıştır. Bu incelenen örnekler içersinde Toprakkale bazaltı da bulunmaktadır. Toprakkale bazaltına ait deneylerde masif özellikteki kayanın, Vp dalga hızını 5.7 km/sn, tek eksenli basma dayanımını (UCS) 109.18 MPa, elastisite modülünü 48.10 GPa ve birim hacim ağırlığını 2.91 gr/cm^3 olarak bulmuştur.

Robertson ve diğ. (2004), Doğu Akdeniz Bölgesindeki Misis – Andırın karmaşığının oluşumuna ait tektonik ve sedimanter süreçleri incelemişlerdir. Geç Paleozoik-Mezozoik'den başlayarak Pliyo-Kuvaterner dönemine kadar geçen dönemler içersinde gelişen tektonik tarihçeyi çıkartarak güney Neotetisin aktif olan kuzey kenarı ile ilgili tektonik tarihçeyi değişik yorumlarla zaman ve mekân içersinde özetlemişlerdir.

Yaşar ve diğ. (2004), betonun sıkışma dayanım üzerinde kireçtaşı agregaları ve su-çimento oranının etkisini Ceyhan kireçtaşı üzerinde incelemişlerdir. Tersiyer yaşlı Ceyhan dolomitik kireçtaşına ait doğal birim hacim ağırlık değerini 26 kN/m^3, Schmidt çekici değerini 49.2, tek eksenli basma dayanımı değerlerini kuru örnekte 96.4 MPa, doygun örnekte ise 88.9 MPa ve nokta yük değerini ise kuru örnekte 4.01 MPa, doygun örnekte ise 3.61 MPa olarak bulmuştur. Sonuçta 7, 14 ve 28 gün su içersinde bekletilen örnekler kırıldığında agregaların boyutlarının ve su-çimento oranının betonun sıkışma dayanımını etkilediğini belirlemişlerdir.

Teymen (2005), bazı kayaların petrografik, fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri incelediği çalışmasında 21 farklı bölgeden toplanmış olduğu farklı kayalar üzerinde deneyler yapmıştır. Osmaniye bölgesinde tek bir noktadan seçmiş olduğu olivinli bazalt üzerinde de deneysel çalışmalarda bulunmuş ve bölgedeki bazaltın; özgül ağırlığını 2.739, kuru birim hacim ağırlığını 2.673 gr/cm^3, doygun birim hacim ağırlığını 2.716 gr/cm^3, doygun örnekte tek eksenli basma dayanımı değerini 1241.1 kg/cm^2, P-dalga hızını 5707 m/sn olarak belirlemiştir. Bulmuş olduğu bu değerleri diğer kayalarda bulduğu değerlerle ilişkilendirerek korelasyon katsayıları bulmuştur.

Uysal (2005), Misis – Andırın yapısal yükseliminin olduğu alanın batı kısmında yer alan birimlerin stratigrafik, sedimantolojik, paleontolojik ve yapısal özelliklerini incelemiştir. Çalışma alanındaki en yaşlı birimin Üst Kretase-Eosen yaşlı, ofiyolitik birim, kireçtaşları ve volkanik ara katkılı kumlu-marnlı İsalı birimi olduğunu belirtmiştir. En genç birimin ise Kuvaterner yaşlı kaliçi ve alüvyonlar olduğunu ve tüm birimler üzerinde açısal uyumsuzlukla durduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

Çalışmanın bu kısmında kullanılan materyalin özellikleri ve nedenleri ile metod olarak araştırma sırasında uygulanan yöntemler ve yöntemlerde yapılan değişiklikler verilmiştir.

3.1. Materyal

Bu çalışmada, İskenderun Körfezinin kıyısından Toprakkale (Osmaniye) bölgesine kadar olan alanda yüzlek veren Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı Misis-Andırın melanjına ait kireçtaşlarının ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazaltlar hidrolik yapılardaki kullanılabilirliği incelenmiştir. Çalışma alanında malzeme araştırmalarında doğu kesimlerinde bazaltların çıkış noktaları olan Delihalil Tepe (450m), Tüysüz Tepe (310m), Kocahama Tepe (182m) ve Toprakkale Tepeleri (151m) ile batı kesimlerinde ise, olistolitlerden oluşan Güllüce Tepe (769m), Nurtepe (680m), Hasin Dağı (573m), Sivri Tepe (510m), Davud Dağı (450m), Taşaltı Tepe (380m), Uyuzdağ (376m), Kılıçkaya Tepe (340m) ana malzeme konusunda incelenmiştir.

Arazi çalışmalarının temelinin oluşturulması için, çalışma alanını içeren, 1/25.000 ölçekli Gaziantep N36d4, Mersin O35a2, Mersin O35a3, Mersin O35b1, Mersin O35b2, Mersin O35b3, Mersin O35b4, Antakya O36a1 topografik haritalar kullanılmıştır.

Arazi çalışmalarında; jeolog çekici, lup, pusula, GPS cihazı, Schmidt çekici, balyoz, fotoğraf makinesi, şerit metre, numune torbaları ve karotlu sondaj araç ve gereçleri kullanılmıştır. Laboratuvar çalışmaları için, ince kesit malzemeleri, öğütme aşamasında çeneli kırıcı ve kaya mekaniği laboratuvarında mevcut olan, tek eksenli basma dayanımı, sıkışma dalgası ölçümü için Pundit, aşındırma cihazı, Los Angeles aşındırma cihazı ve çelik bilyeler, nokta yük aleti, elek seti ile hassas terazi kullanılmıştır. Bazı mekanik ve fiziksel deneylerin yapımında normal musluk suyu ve deniz suyu örneklerin doygunluğunu sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca karbonatlı kayalardaki dolomit, kalsit, ayrımı için Alizarin, kil oranının tayini için

metilen mavisi, donma çözülme deneyi için $MgSO_4$ kullanılmıştır. Büro çalışmalarında bilgisayar ve yazılım programları kullanılmıştır.

3.2. Metod

Çukurova Üniversitesi Rektörlüğü Araştırma Fonu (MMF 2007 D–2 nolu proje) tarafından maddi olarak desteklenen bu çalışma genel olarak, literatür taraması, arazi çalışmaları, laboratuar analizleri ve büro çalışmaları olmak üzere dört aşamada tamamlanmıştır.

3.2.1. Literatür Taraması

Araştırmanın her aşaması için önceki çalışmalar incelenmiştir. Çalışma alanı ile ilgili bölgenin jeolojisi hakkında geniş bilgi edinilmiş ve konu ile ilgili farklı ülkelerde yapılan diğer çalışmalara ait ilgili literatür taraması, ilgili kurumların kütüphaneleri ve elektronik kütüphane arşivleri incelenmiştir. Ayrıca araştırma ile ilgili tezler, bilimsel makaleler, rapor ve basılı dokümanlardan faydalanılmıştır.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, araştırmanın ilk adımını oluşturmaktadır. Arazi çalışmalarına 2007 yılında başlanmış olup, bölgedeki iklim koşullarının 12 ay boyunca arazi çalışmalarına uygun olması nedeniyle sürekli olarak 2008 Temmuz ayına kadar devam edilmiştir. Arazi çalışmalarına inceleme alanın 1/25.000 ölçekli haritasının oluşturulması ve örnek alınacak yerlerinin belirlenmesi ile başlanmıştır. Örnek alınan yerlerin seçiminde, malzemenin limana yakınlığı ön planda tutulmuştur. Haritalama aşamasında bölgede yapılmış olan önceki çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalarda oluşturulan haritalar üzerinde dokanaklar izlenmiş ve gerekli değişiklikler en az hata ile aktarılmıştır.

Çalışma alanında, hidrolik yapılarda kullanılabilecek özellikte gözlenen birimler üzerinde örnek alma işlemleri iki şekilde yapılmıştır. Örnekleme yöntemi,

materyal olarak belirlenen bazaltlarda karotlu sondaj ve blok, kireçtaşlarında ise blok ve laboratuvarda karot alma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu örnekler üzerinde ilk olarak arazide kütle tanımlamaları yapılmıştır. İncelenen birimlerin, litolojik tanımları, yapısal unsurları, topografik koşulları, yeraltısuyu etkisi, ulaşım koşulları, yapılaşma durumu ve çevresel faktörleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Ön arazi çalışmaları sırasında belirlenen sahalardan alınan örnekler üzerinde petrografik, kimyasal ve jeomekanik analizler yapmak amacıyla örnekler hazırlanmıştır. Alınan örnekler üzerinde yapılan deneyler, uygun standartlar kullanılarak yapılmış ve yorumlanmıştır. Laboratuvar çalışmaları, Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Kaya Mekaniği ve Jeokimya laboratuvarı, ACME (Kanada) laboratuvarı, Akdeniz Ltd. Şti. laboratuvarı ve Çukurova Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında yürütülmüştür.

3.2.3.1. Petrografik Analizler

Çalışma alanında malzeme olarak kullanılabilir özellikteki bazalt ve kireçtaşlarından, polarizan mikroskopta incelemek amacıyla, ince kesit örnekler hazırlanmıştır. Çalışma alanındaki bazik birimler, boşluklu ve masif olarak, karbonatlı kayalar ise kristalize kireçtaşı ve mikritik kireçtaşı olmak üzere iki grupta incelenmiştir. İncelenen kayaların, mineral bileşimi, dokusu, mineral boyutu, opak minerallerin varlığı, boşluk miktarı, ayrışmaya uğramış minerallerin varlığı ve mikro çatlak oranları belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.3.2. Kimyasal Analizler

Hidrolik yapılarda kullanılacak malzemede mekanik değerleri etkileyen en önemli faktör kayacı oluşturan minerallerdeki ayrışmadır. Özellikle, bazaltlardaki ayrışmanın belirlenmesi için polarizan mikroskobu ile yapılan çalışmalar bazı

durumlarda yeterli olmamaktadır. Bu amaçla, bazaltların farklı seviyeleri ve ayrışma dereceleri göz önüne alınarak kimyasal analizler yapılmıştır. Farklı seviyelerdeki bazaltların içermiş olduğu ana ve iz elementler ICP (Inductively Coupled Plasma) yöntemiyle ACME (Kanada) laboratuvarında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar çizelgeler halinde sunulmuş ve literatürde var olan diyagramlar yardımıyla yorumlanmıştır.

3.2.3.3. Jeomekanik Analizler

Yapılan arazi çalışmalarında karotlu sondaj ve blok şeklinde alınan örnekler üzerinde, fiziksel ve mekanik özellikleri belirlemek amacıyla bir dizi deney yapılmıştır. Bazaltlar ve karbonatlı kayalar üzerinde belirlenen fiziksel ve mekanik özellikler; yoğunluk ve birim hacim ağırlık, su emme, porozite, P-dalgası hızı, tek eksenli basınç dayanımı, nokta yükleme dayanımı ile belirlenmiştir. Bu deneylerde örnekler suya doygun ve kuru halde olmak üzere hazırlanmıştır. Suya doygun örneklerde normal musluk suyu ve deniz suyu ayrı ayrı kullanılarak bu iki farklı özellikteki suyun, örneklerin mekanik değerlerini nasıl değiştirdiği araştırılmıştır. Bu amaçla çalışma sahasının kıyı kesiminden deniz suyu alınmıştır (Şekil 3.1). Alınan deniz suyu, normal musluk suyu ve saf suya ait elektriksel iletkenlik (Eh), pH, tuzluluk (S) ve sıcaklık (T) değerleri laboratuvar ortamında Thermo marka cihaz ile ölçülmüştür (Şekil 3.2). Ölçülen bu değerlere bakıldığında deneylerde kullanılan sularda kaya malzemesini etkileyecek tuzluluk değeri en yüksek deniz suyunda çıkmıştır. Ayrıca deniz suyunun bazikliği de diğer iki suya oranla daha yüksektir (Çizelge 3.1).

Bilindiği gibi deniz suyu normal sulara oranla farklılıklar sunmaktadır. Deniz suyunda birçok element farklı oranlarda bulunmaktadır. Özellikle denizlerdeki toplam çözünmüş tuz yoğunlaşması farklı oranlarda bulunmaktadır. Özellikle kapalı denizlerde ve tropikal bölgelerde açık denizlere oranla tuzluluk biraz daha yüksektir. Deniz suyu içinde bulunan tuzların yaklaşık % 70'ini sodyum klorür oluşturur. İyon olarak da en çok klorür iyonu bulunur. Deniz suyu içinde bulunan iyonların kütlesel olarak yaklaşık yarısı klorür iyonudur.



Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan deniz suyunun alınma yöntemi.



Şekil 3.2. Suların pH, Eh, S ve T değerlerinin laboratuvarda ölçülmesi.

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan deniz suyu, normal musluk suyu ve saf suya ait pH, Eh, S ve T değerleri

	Elektriksel iletkenlik (Eh)	pH	Tuzluluk (S)	Sıcaklık-^{o}C (T)
Deniz suyu	58.5 mS/cm	8.14	%0.28	21.8
Musluk suyu	623 µS/cm	7.85	%0.01	20.7
Saf su	38.4 µS/cm	7.52	0	21.5

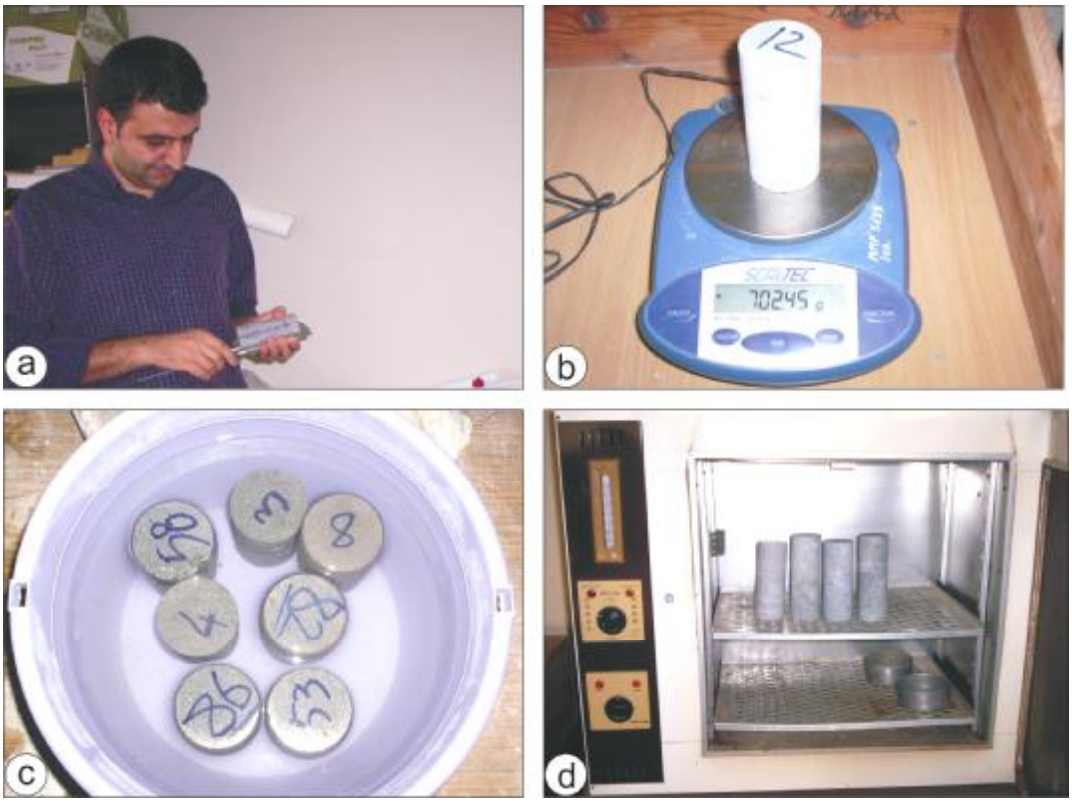
Deniz suyunun pH derecesi de normal musluk suyuna göre farklılık göstermektedir. Normal koşullarda Deniz suyunun pH derecesi 8.1 ile 8.3 arasında değişmektedir. Deniz suyu içinde bulunan bikarbonat iyonları ile atmosferde bulunan karbondioksit deniz içinde yaşayan bitkiler tarafından fotosentez olayında kullanılır. Böylece denizde yüzeye yakın bölgede güneş ışınlarının etkisi ile karbondioksitin azalmasına ve pH derecesinin artmasına neden olur. Ayrıca derinlere inildikçe pH derecesinde azalma görülür. Bu durum, çürüyen organik maddelerin çıkardığı karbondioksit ve hidrojen sülfürden ileri gelmektedir. Yüzeyde daha büyük olan pH derecesi yaklaşık 100 m derinlikte 7.6'ya düşmektedir. Bu farklılıklardan ötürü bu çalışmada deneyler deniz suyunda ve normal musluk suyunda ayrı ayrı yapılmıştır.

Ayrıca, seçilen kayaların hidrolik yapılarda malzeme olarak kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla standartlarda belirtilen ve istenen; don kaybı (Mg_2SO_4), metilen mavisi emme değeri, Los Angeles aşınma direnci ile suda dağılmaya karşı duraylılık deneyleri yapılmıştır.

3.2.3.3.(1). Birim Hacim Ağırlık

Çalışma alanından alınan örnekler üzerinde mekanik deneyler yapılmadan önce ISRM (1981)'de belirtilen şekilde karotlar alınmış ve yine standartlarda belirtilen şekillerde, alt ve üst yüzeyleri, karşılıklı ölçümler arasındaki farkın çapa oranı 0.005'ten fazla olmayacak bir şekilde düzeltilmiştir. Hazırlanan düzgün geometrili örneklerin çap ve boyları kompasla biri birine dik iki ayrı yönde 0.1 mm duyarlılıkla ölçülmüş ve hazırlanan örneklerin hacmi belirlenmiştir. Hacmi belirlenen

örnek 0.01 gr duyarlılığa sahip hassas terazide tartıldıktan sonra kayacın birim hacim ağırlığı değeri belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Silindirik örneklerin boyutlarının (a), ağırlığının (b), suya doygun (c) ve kuru (d) hallerinin belirlenmesi.

3.2.3.3.(2). Su Emme

Düzenli geometriye sahip örneklerin ağırlıklarına ve hacimlerine oranla, boşluklarının alabileceği su miktarının belirlenmesi için yapılan bu deneyde, hacmi hesaplanan örnekler su dolu kapta 24 saat bekletilmiş ve tartılmıştır. Islak ağırlıkları hassas terazi ile tartılan örnekler 105 ^{o}C'ye ayarlanmış fırında 24 saat kurutulmuş ve ağırlıkları tartılmıştır. Fırından çıkarılan örneklerin kuru ağırlıkları belirlendikten sonra ağırlıkça ve hacimce su emme oranları RILEM (1980) ve TS EN 13383-2 (2004) tarafından önerilen yöntemlerle hesaplanmıştır.

3.2.3.3.(3). Gözeneklilik

Hacmi belirlenen silindirik örnekler üzerinde uygulanan yöntemde, karotlar 105 ^{o}C'de 12 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları bulunmuştur. Daha sonra karot örnekleri su dolu bir kabın içersinde 48 saat bekletildikten sonra tartılarak örneğe ait doygun ağırlığı belirlenmiştir. Bu aşamada örnek içersindeki suyun buharlaşmasını önlemek amacıyla oldukça hızlı davranılmıştır. Daha sonra ISRM (1981)'de önerildiği şekilde kayanın gözeneklilik değeri hesaplanmıştır.

3.2.3.3.(4). Tek Eksenli Basma Dayanımı

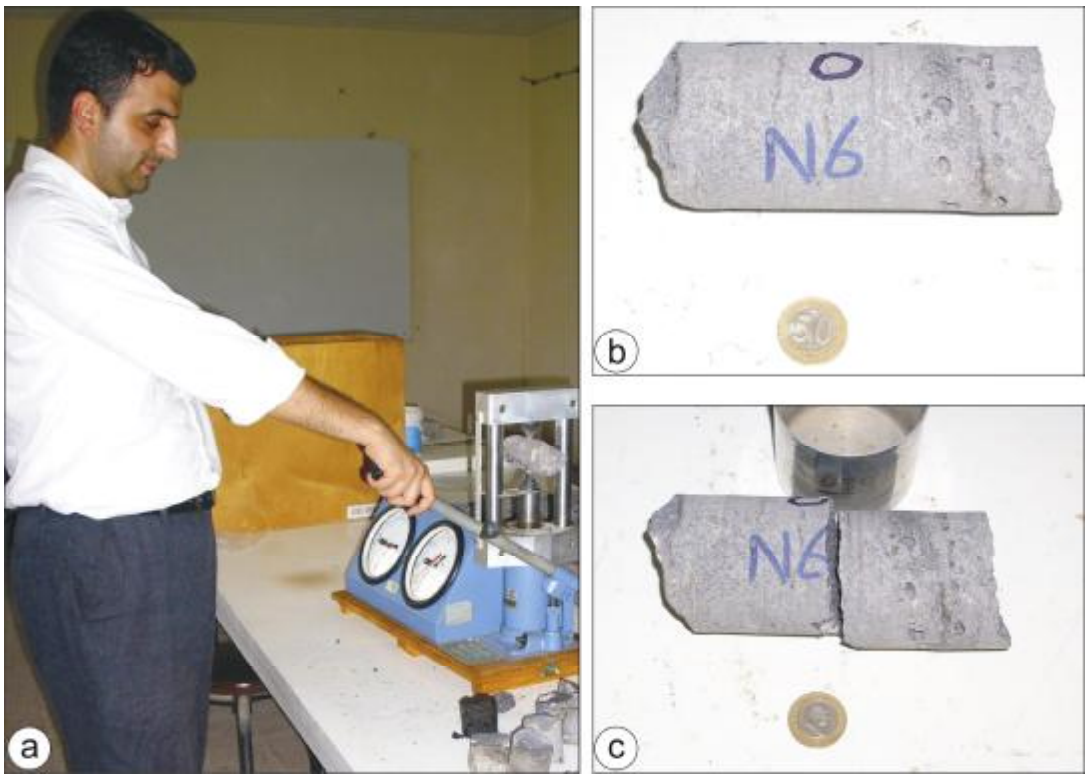
Deneye başlanmadan önce ISRM, 1981'de belirtilen şekilde, uzunluk/çap oranı 2.5-3.0 arasında olan silindirik şekilli örnekler hazırlanmıştır. Bu oranı sağlamayan örnekler için Brook (1990) tarafından önerilen düzeltme faktörü kullanılmıştır. Kapasitesi 2000 kN olan, hidrolik baskı ile deneyler yapılmıştır. Yükleme hızı, örneklerin 5 ile 10 dakika arasında yenilecek şekilde ayarlanmıştır. Deneyde her kaya grubu için en az 5 örnek deneye tabi tutulmaya çalışılmıştır (Şekil 3.4).

3.2.3.3.(5). Nokta Yük Dayanımı

Nokta yükü dayanım göstergesinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneyde çapsal şekilli örnekler kullanılmıştır. Hazırlanan örneklerde yük, uzun eksende çapın 0.5 birim iç kısmından uygulanmıştır (Şekil 3.5). İlk olarak bulunan değer düzeltilmemiş nokta yükü değeri (I_s) olup, bu değer standart bir karot çapına ($I_{s(50)}$) göre (D_e=50mm) tekrar hesaplanmıştır (ISRM, 1985).



Şekil 3.4. Tek eksenli basma dayanımı deneyinde kullanılan hidrolik pres ve deney düzeneği (a) ile deformasyon okuma saati (b).



Şekil 3.5. Nokta yük deney aleti (a), silindirik örneklerin kırılmadan önceki (b) ve kırıldıktan sonraki (c) şekilleri.

3.2.3.3.(6). Sonik Hız

Alt ve üst yüzeyi biri birine paralel olan karot örnekleri üzerinde 54 kHz'lik vericisi ve alıcısı olan E48 marka PUNDIT (Portable Ultrasonic Nondestructive Digital Indicating Tester) kullanılarak örneklerin P (sıkışma) dalgasının yayılma hızı belirlenmiştir (Şekil 3.6). Deneyin uygulanışı sırasında karot örneklerinin alt ve üst yüzeylerine ince bir jel sürüldükten sonra, örnekler alıcı-verici (transducer) uçları arasına yerleştirilerek P-dalga hızının örneğin bir ucundan diğer ucuna geçiş zamanı belirlenmiştir ve örneğin boyuna bölünmüştür. Deneyin uygulanış yönteminde ASTM (2003) ve ISRM (1981) tarafından önerilen hususlar dikkate alınmıştır.

Hız;

$$V = \frac{d}{t} \qquad (3.1)$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada;

V :Hız,

d : Dalganın ilerlediği yolun boyu

t : Zaman

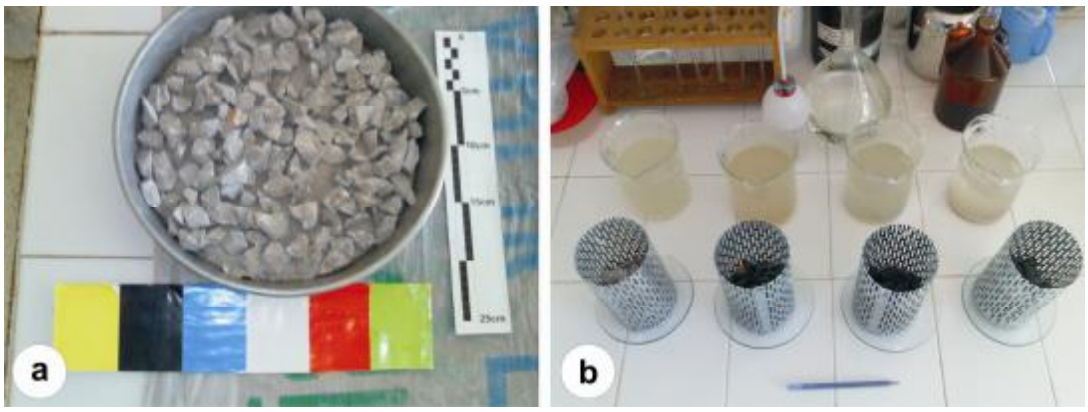


Şekil 3.6. Sonik hız deneyinin yapılışı (a) ve kullanılan Pundit ile alıcı ve vericiye ait görüntü (b).

3.2.3.3.(7). Don Kaybı ($MgSO_4$)

Bu deney, yerinden sökülerek alınan ana kaya malzemesinin donma-çözülme çevrimi koşullarında meydana gelen kaya malzemesindeki aşınmaya karşı duraylılığın belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Deney TS EN 1367-1 (2001) standardına göre yapılmıştır. Deneye başlamadan önce kaya malzemesi kırıcıdan geçirilerek, boyutları 10mm-14mm arasında olan, yaklaşık 500gr (M_1) agrega elek yöntemiyle elenmiş ve damıtık suyla iyice yıkanmıştır. Seçilen deney numuneleri 105 ^oC'de 24 saat kurutulduktan sonra her bir örnek kafesli bir sepet içerinse konularak yaklaşık 17 saat magnezyum sülfat çözeltili kap içerisine daldırılmıştır (Şekil 3.7). Buharlaşma ve kirlenmeden etkilenmemesi için kapların üstleri kapatılmıştır. Daldırma işleminden sonra sepetler çıkarılarak yaklaşık 2 saat süzülmeleri beklendikten sonra tekrar etüvde 24 saat kurutulmuştur. Bu işlemler 5 defa tekrar edildikten sonra beşinci döngü sonunda örnekler iyiye yıkanarak magnezyum sülfattan arındırılmıştır. Daha sonra örnek tekrar 24 saat kurutulduktan sonra 10mm açıklıklı elekten elenmiştir ve kalan miktar (M_2) tartılarak aşağıdaki bağıntı ile magnezyum sülfat değeri kütlece yüzde olarak hesaplanmıştır.

$$MS = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} x100 \qquad (3.2)$$



Şekil 3.7. 10-14mm arasında seçilen örneklerin (a) $MgSO_4$ çözeltisine daldırmadan önceki (b) görüntüleri.

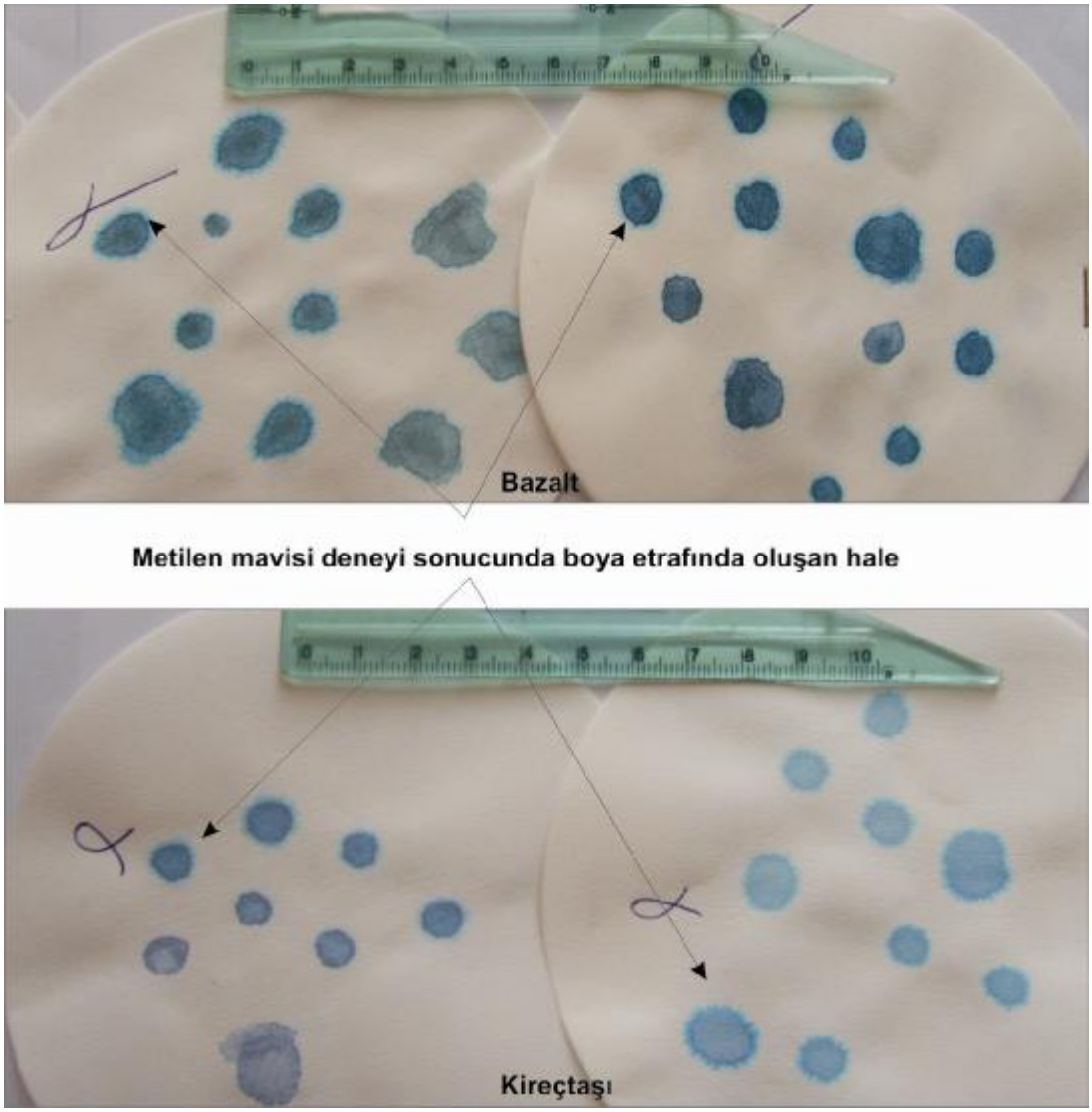
3.2.3.3.(8). Metilen Mavisi Emme Değeri

İnce agregalarda veya gruplandırılmamış agregalarda (0-2 mm) beher kilogramı başına emilen boyanın gram cinsinden ifadesidir. Bir metilen mavisi çözeltisinden alınan çözelti kısımları, su içerisindeki deney numunesinden oluşan süspansiyona arka arkaya ilave edilir. Boya çözeltisinin deney numunesi tarafından emilmesi, çözeltinin her ilavesinden sonra süzgeç kâğıdında leke deneyi yapılarak serbest boyanın varlığının belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir.

Deneyin ilk aşamasında deney numunesi ve metilen mavisi tozu ile boya çözeltisi hazırlanmıştır. Deney numunesi tartılıp ve kaydedildikten (M) sonra 500±5 ml'lik damıtık veya demineralize su ile behere koyularak karıştırılmıştır. Sonraki aşamada beher boya çözeltisi ile doldurulduktan sonra karıştırıcı 600 devir/dakika hıza ayarlanmış ve pervane, beher tabanından yaklaşık 10 mm yüksekte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Karıştırıcı çalıştırıldıktan sonra süre ölçere basılarak beherdeki malzeme önce 5 dakika süreyle (600±60) devir/dakika karıştırılmıştır. Deney örneğinde, bir hale oluşturmaya yetecek miktarda ince tane mevcut değilse, boya çözeltisiyle birlikte kaolinit ilave edilir. Takiben deneyin geriye kalankısmında sürekli olarak (400±40) devir/dakika hızda karışıma, süzgeç kâğıdı üzerinde hale oluşturana kadar, leke deneyi tekrarlanmıştır (Şekil 3.8). Son aşamada, 5 dakika süreyle varlığını sürdüren bir hale meydana getirmek için ilave edilen boya çözeltisinin toplam hacmi (V) belirlenerek kilogram başına tüketilen boyanın gram cinsinden MB = (V/M)x10 olarak "Metilen Mavisi Emme" değeri hesaplanmıştır (TS EN 933-9, 2001).

3.2.3.3.(9). Los Angeles Aşınma Direnci

Los Angeles deneyi, darbe, öğütme, aşındırma gibi işlemlerle agregaların boyutlarındaki azalmayı ölçen bir deney olup farklı boylarda deney örnekleri kullanılarak yapılmaktadır.



Şekil 3.8. Süzgeç kağıdında oluşan metilen mavisi çözeltisine ait izler.

Los Angeles aşınma deney aleti iç çapı 711 ± 5 mm olan iki tarafı kapalı çelikten yapılmış boş bir silindirden oluşmaktadır. Silindir yatay konumda ekseni etrafında en fazla % 1'lik bir sapma ile dönmektedir. Gövdede deney malzemesini koymak için bir açıklık mevcuttur ve bu açıklığı kapatacak toz geçirmez dört köşesinden vidalanabilen bir kapak bulunmaktadır. Silindirin iç yüzeyinde ve silindir boyunca 2 mm eninde çelikten çıkıntı raflar olacaktır. Bu raflar çok sağlam olup 90 mm uzunluğunda olacak bir şekilde monte edilmelidir. Silindir dakikada 30 ile 33 devir yapacak şekilde ayarlanmış olup 100. ve 500. devirlerde durdurulmaktadır. Silindir hazne içersine kaya malzemesiyle birlikte çapı yaklaşık 47mm, ağırlığı 390-

445 gr arasında değişen çelik bilyeler koyulmaktadır (ASTM, 1989). Deney sırasında 5000 gr (G_0) olarak alınan malzeme 100. devirden sonra çıkarılarak 1.6mm açıklıklı elekten elenmiş ve kalan malzeme tartıldıktan sonra (G_{100}) tekrar aşındırma aletinin içerisine konularak 400 devir daha çevrilmiştir. Son olarak tekrar 1.6mm açıklıklı elekten elenmiş ve elek üzerinde kalan ağırlık (G_{500}) kaydedilmiştir. 100 (K_{100}) ve 500 (K_{500}) devir sonundaki aşınma kaybı aşağıdaki formüller yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_{100} = \frac{G_0 - G_{100}}{G_0} x100 \qquad (3.3)$$

$$K_{500} = \frac{G_0 - G_{500}}{G_0} x100 \qquad (3.4)$$

Test edilen malzemenin uniformluğu konusunda güvenilir bilgi aynı zamanda, 500 devirlik durumda 100 devir sonra, 1000 devirlik durumda ise 200 devirden sonraki kayıpların ölçülmesi ile de elde edilebilir. Kayıp olan malzemeyi bulmak için 1.6 mm'lik elek üstü malzemenin yıkanmaması gerekir. Üniform sertliğe sahip bir malzeme için 100 devir sonrası kaybın 500 devir sonrası kayba oranı ya da 200 devir sonrası kayıbın 1000 devir sonrası kayba oranı 0.20'yi geçmemelidir. Bu işlemler sırasında malzemenin en ufak bir parçasının dahi kaybolmamasına özen gösterilmelidir. Örneğin aşınma tozları bile testin tamamlanabilmesi için gerekli olan son 400 ya da 800'lük devirlerde tekrar alet içine konması gerekir (ASTM, 1989).

Bu deney için her örnekten 20mm ile 12.5mm arası elekte kalan 2500gr örnek ile 12.5 mm ile 10.0mm arasında kalan 2500gr kuru örnek alınarak deney yapılmıştır. Deney sırasında toplam ağırlığı 4575gr olan 11 adet çelik bilye kullanılmıştır.

3.2.3.3.(10). Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık

Farklı bazalt ve kireçtaşı örneklerinden her biri 40-60 gr gelen örnekler hazırlanmıştır. Deney için hazırlanan örneklerin sivri köşeleri çekiç ve aşındırıcı yardımıyla yuvarlağa yakın hale getirilmiştir. Toplam 450-550 gr kadar örneği temsil

eden yaklaşık 10 adet parça seçilmiştir. Seçilen parçalar temiz bir tambura konulduktan sonra 12 saat kurutulmuş ve ağırlığı tartılmıştır. Daha sonra su içinde dakikada 20 devir yaptırılarak 10 dakika tambur içersinde örnekler döndürülmüştür. Bu işlemden sonra tambur içersindeki örnekler, tambur ile birlikte 105°C'lik fırında 12 saat kurutulup tartılmıştır. Bu aşamalar aynı örnek üzerinden tekrarlandıktan sonra beşinci döngüden sonra belirlenen kayıp oranları seçilmiştir (Şekil 3.9). Deneyde kullanılan normal musluk suyu ve deniz suyunun sıcaklıkları da termometre yardımıyla ölçülmüştür. Suyun sıcaklığı yaklaşık 21 °C'de tutulmaya çalışılmıştır. Deney sırasında ISRM (1981)'de önerilen yöntemler esas alınmıştır.



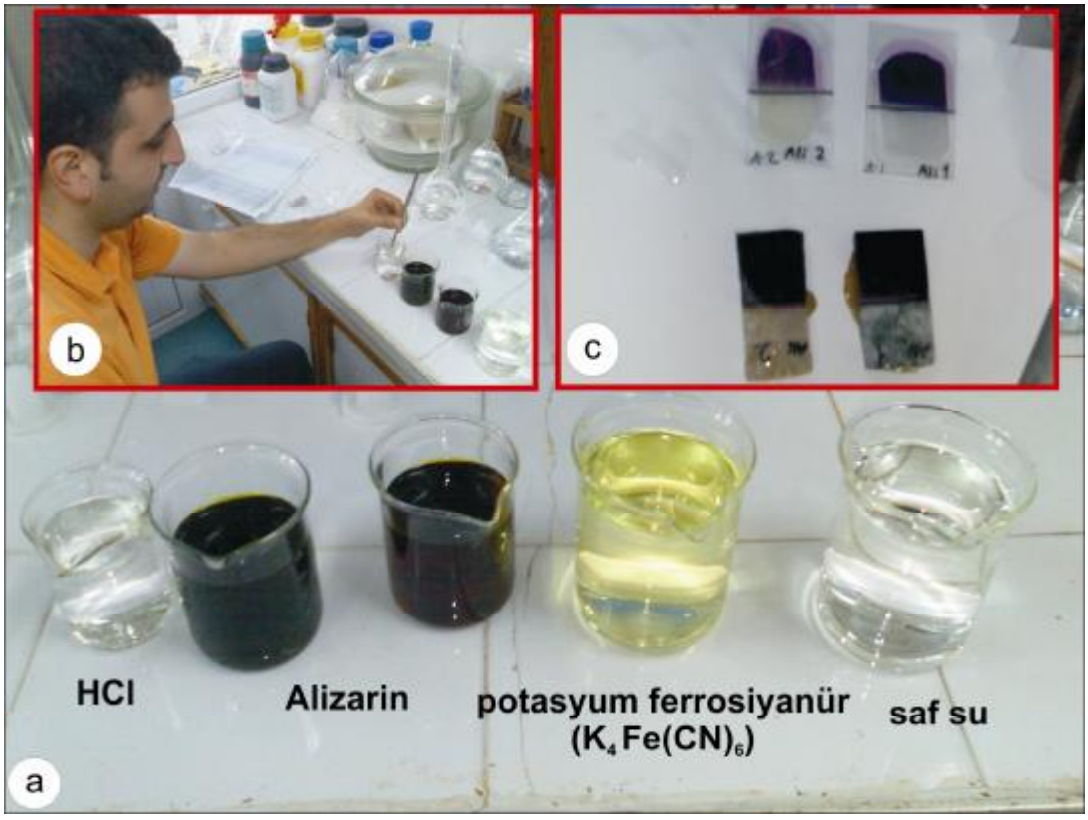
Şekil 3.9. Suda dağılmaya karşı duraylılık deneyinde kullanılan deney düzeneği (a), suyun ısısının ölçülmesi (b) ve deneyde kullanılan örneklere (c) ait görüntü.

3.2.3.3.(11). Alizarin Red-S Yöntemi

Genelde kayalardaki dolomit ve kalsit ayrımında %2.5, %5, %10'luk seyreltik HCl asit kullanımı çok yaygın olarak bilinmektedir. Ayrıca, Alizarin Red-S yöntemi ile boyama testi çok sık kullanılan bir yöntemdir. Kayalardaki dolomit ve kalsit ayrımında Alizarin Red-S ve Potasyum Ferro Siyanür kullanılarak ince kesit ve çipslerde yapılan boyama testleri yeterli bulunmaktadır ve burada kalsit kırmızıya boyanırken, dolomit boyanmamaktadır (Yetiş, vd., 2006).

Boyama testi yapılırken öncelikle dört beher alınarak içlerine sırasıyla; birinci behere 100-200 ml % 1.5'luk HCl asit, ikinciye, iki hacim potasyum ferrosiyanür (K_4

$Fe(CN)_6$) ve 3 hacim Alizarin Red-S karışımı, üçüncü behere % 0.2'lik Alizarin Red-S ve dördüncü behere saf su konulmuştur (Şekil 3.10). Deney sırasında ilk olarak boyanacak örnek ilk behere daldırılarak 15 saniye kadar bekletildikten sonra sırasıyla 45 saniye ikinci beherde, 15 saniye üçüncü beherdeki sıvı içersinde bekletilmiştir. Son olarak saf su içersinde örnek iyice yıkanmıştır. Boyanan örnekler üzerine herhangi bir şey değdirilmeden kapalı bir kutu içersinde saklanmıştır.



Şekil 3.10. Alizarin Red-S boyama testi için kullanılan malzemeler (a), boyama testi (b) ve boyanmış çips ve ince kesitlere ait (c) görüntüler.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

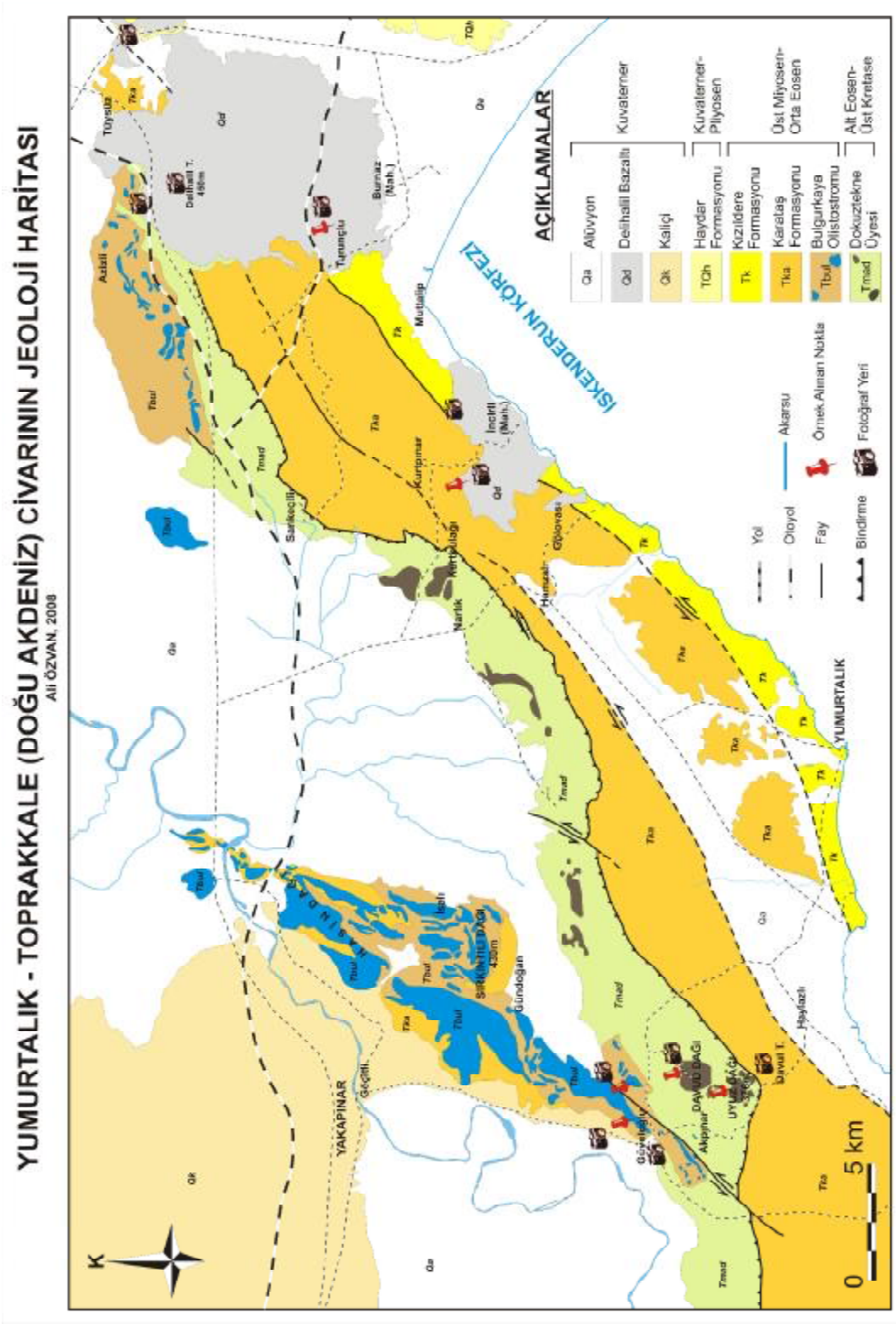
Yumurtalık – Toprakkale arasında kalan alanda yer alan kaya kütlelerinin hidrolik yapılarda kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışma, arazi, laboratuar ve büro çalışmaları olarak yürütülmüştür ve bu veriler ışığında elde edilen bulgular başlıklar halinde sunulmuştur.

4.1. Jeoloji ve Stratigrafi

Çalışma alanının jeolojisi ve stratigrafisi önceki yıllarda birçok araştırmacı tarafından farklı başlıklar altında çalışılmış ve yorumlanmıştır (Schmidt, 1961; Doyuran, 1980; Bilgin ve Ercan, 1981; Gökçen, 1987; Pelen, 1995; Kozlu, 1997; Parlak ve diğ., 1997; Parlak ve diğ., 2000; Yurtmen ve diğ., 2000; Yüce, 2001; Yurtmen ve diğ., 2002; Boyraz, 2002; Robertson ve diğ., 2004; Uysal, 2005). Çalışma alanında stratigrafik konum olarak tabandan tavana doğru Üst Kretase – Alt Miyosen yaşlı Andırın Formasyonu, Alt Miyosen – Orta Miyosen yaşlı Karataş Formasyonu, Üst Miyosen yaşlı Kızıldere Formasyonu, Kuvaterner yaşlı Delihalil Bazaltı, Kaliçi ve Alüvyon bulunmaktadır (Şekil 4.1).

4.1.1. Andırın Formasyonu (Tma)

Çalışma alanının batı kenarında GGB-KKD boyunca yüzeylenmektedir. Andırın Formasyonu, önceki çalışmalarda farklı isimlerde tanımlanmış ve üye bazında ayırtlanmıştır. Bu birimi ilk tanımlayan Schmidt (1961), birimi İsalı Katastrofik fasiyesi olarak adlandırmıştır. Bilgin ve diğ. (1981) yapmış oldukları çalışmada birimin tamamı için Andırın Formasyonu tanımını kullanmışlardır ve Dokuztekne Üyesini bu formasyon içersinde göstermişlerdir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı ve yakın civarının genel jeolojisi (Bilgin vd, 1981; Kozlu, 1997'den değiştirilerek).

Kozlu (1987;1997), bu bölgede yapmış olduğu çalışmada, Andırın Formasyonu olarak tanımlanan bu birimi Çamlıbel grubu içersinde volkano-sedimanterlerden oluşan Dokuztekne Üyesi ve bunun üzerinde killi kireçtaşı, marn, çörtlü kireçtaşı ve kalsi türbiditlerden oluşan Bodrumkale Formasyonu, filiş ve olistolitlerin bulunduğu Bulgurkaya Olistostromu ve kumtaşı, marndan oluşan Gebenköy Formasyonu olarak dört başlıkta ayırtlamıştır.

Bu tez kapsamında yapılan arazi çalışmaları ve önceki araştırmacıların yaptığı çalışmalar (Bilgin, 1981; Kozlu, 1987-1997; Uysal, 2005) derlenerek Andırın Formasyonu Dokuztekne üyesi ve Bulgurkaya olistostromu olarak iki alt başlık şeklinde incelenmiştir.

4.1.1.1. Dokuztekne Üyesi (Tmad)

Önceki çalışmalarda Schmidt (1961) ilk olarak bu birimi tanımlarken "İsalı Katastrofik Fasiyesi" tanımını kullanmıştır. Sonraki yıllarda bu tanım Uysal (2005) tarafından da aynı şekilde kullanılmıştır. Bilgin ve diğ. (1981), yapmış oldukları çalışmada Dokuztekne üyesini Andırın Formasyonu içersinde tanımlamışlardır. Kozlu (1987) yapmış olduğu çalışmada birimi Dokuztekne volkano-sedimanterleri olarak Çamlıbel grubu içersinde tanımlamıştır. Birim çalışma alanında Sarıkeçili, Kurtkulağı, Narlı köyleri ile Doruk Beldesi güneyinde geniş yayılım göstermektedir.

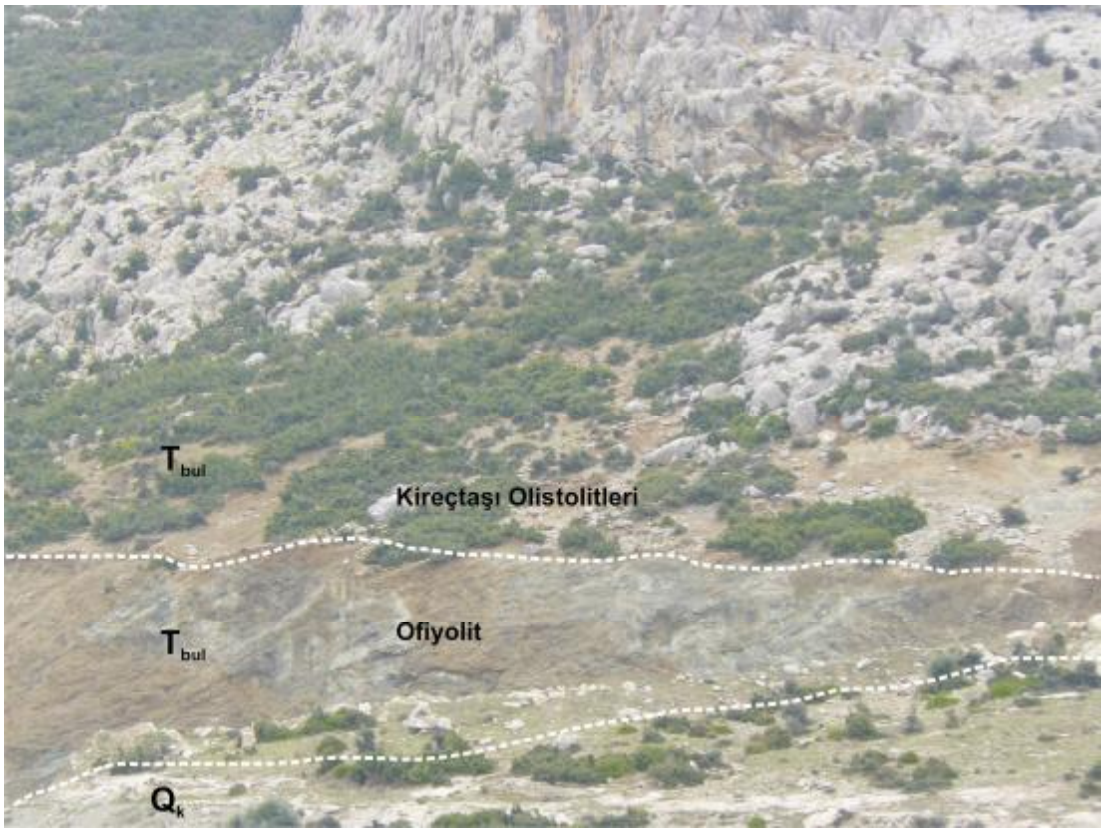
Birim tipik olarak Dokuztekne civarında, tabanda spilitik volkanitlerle başlayıp, ortaç volkanitlere ve üste doğru tüffit ve aglomeralara geçmektedir (Kozlu, 1997). Bu kaya türleri marn, killi kumlu kireçtaşı ve olistostromal çakıltaşı-kumtaşı seviyeleri içersinde bulunmaktadır. Bu istif daha sonra kırmızı-krem renkli Orta Eosen yaşlı çört yumrulu ve pelajik fosilli Bodrumkale Formasyonuna geçmektedir (Kozlu, 1997).

4.1.1.2. Bulgurkaya Olistostromu (Tbul)

Önceki çalışmalarda Schmidt (1961) ilk olarak bu birimi tanımlarken "İsalı Katastrofik Fasiyesi" içersinde tanımlanan birim, Bilgin ve diğ. (1981)'de Andırın

Formasyonu içerisinde açıklanmıştır. Bulgurkaya ismi ilk olarak Kozlu (1987) tarafından Andırın ilçesinin batısında bulunan ve olistostrom (sedimanter karışık) fasiyeslerinin tip yüzeylenmelerinin görüldüğü yer olan Bulgurkaya köyünden alınarak verilmiştir. Kozlu (1987), yapmış olduğu çalışmada birimi Misis – Andırın havzasında Üst Eosen – Oligosen yaşlı denizel bir matriks içerisinde Misis – Andırın melanjına ait blokları kapsayan istif olarak tanımlamıştır. Bulgurkaya olistostromu, KKB – GGD boyunca uzanan Çiçeklidere-Savrun-Göksun faylar ile Sarıkeçili-Karatepe ve Bostanlı-Çuhadarlı bindirmeleri ile sınırlıdır (Kozlu, 1997). Çalışma alanında en tipik görüldüğü yerler çalışma alanının batısında bulunan Akpınar, Yellibel,İsalı, Ağaçpınar köylerinin bulunduğu KD-GB hattı boyunca uzanmaktadır.

Birimde küçük parçalarından iri bloklu boyutlara doğru değişen olistolitler bulunmaktadır. İçinde bol olistolit bulunduran mega-breş, killi-kumlu çakıltaşı seviyeleri ile ardalanmalı çökelen, türbidit özellikli kumtaşı-kalkarenit ve kumlu marn kaya türleri bulunmaktadır. Birim içersinde olistolit blok parçaları Andırın kireçtaşı, Üst Kretase yaşlı filiş ve Metamorfik kayalar oluşturmaktadır. İnceleme alanının batı kenarındaki topografik yükseltilerin tamamı kireçtaşıdır. Bu kireçtaşlarını Bilgin ve diğ. (1981) Paleozoik yaşlı metamorfik kireçtaşları, Mesozoik yaşlı kireçtaşları ve Eosen yaşlı kireçtaşları olarak üç farklı parçadan oluştuğunu belirtmişlerdir. Birim içersindeki kireçtaşları, tabakasız olup, gri bazen koyu gri renkli, erime boşluklu, yer yer dolomitleşmiş, çatlakları karbonat dolgulu ve tektonik kuvvetlerin etkisiyle kırıklı ve breşik yapıda gözlenmektedir. Bu kireçtaşı bloklarının ofiyolit ile olan dokanakları tektonik kökenli olup kontak hattı boyunca birçok yerde serpantinin hakim olduğu ezilme kuşağı oluşturmuşlardır (Şekil 4.2). Bazı kesimlerde ofiyolit tektonizmadan daha az etkilenmiştir. Bu gibi kesimlerde bazik ve ultrabazik birimler daha belirgin olarak gözlenebilmektedir. Kireçtaşı olistolitlerinin etrafını sarmış halde bulunan ofiyolittik birimler içersine değişik kayaları da alarak bölgeye Aktaniyen'de yerleşmiştir (Uysal, 2005).



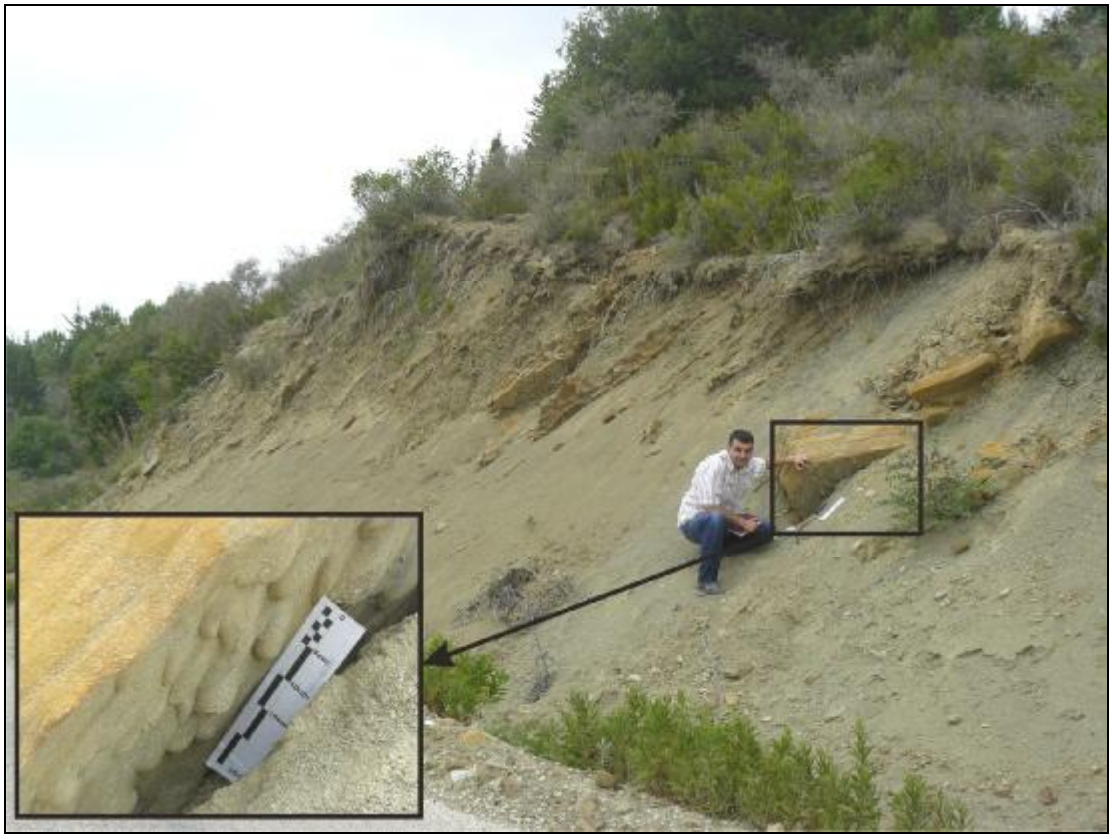
Şekil 4.2. Bulgurkaya Olistostromuna ait birimlerin arazideki görünüşleri.

4.1.2. Karataş Formasyonu (Tka)

Bulgurkaya – Gebenköy birimleri üzerine uyumsuz olarak gelen Karataş Formasyonu Bilgin ve diğ. (1981) tarafından kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, kireçtaşı ve konglomera ardalanmasından oluşan filiş olarak tanımlanmıştır. Birim içersinde Andırın Formasyonuna ait birimler ile Mesozoik ve Eosen yaşlı kireçtaşı blokları bulunmaktadır. Kozlu (1987) yılında Orta Miyosen yaşlı istif için Karataş Formasyonu tanımını kullanmıştır. Birimin yayılımı GB-KD boyunca olup, Sarıkeçili-Karatepe bindirmesi ile Yumurtalık fayı arasında kalmaktadır.

Çalışma alanında bu birim genelde türbiditik karakterli olup derin denizel çökellerle temsil edilmektedir. Bouma istifinde yer alan bazı düzeyler belirgin olarak gözlenebilmektedir (Şekil 4.3). Birimin yaşı ilk olarak Schiettecatte (1971) tarafından Alt Miyosen-Orta Miyosen olarak verilmiştir. Kelling ve diğ. (1987), Karataş ilçesi civarında yapmış oldukları çalışmada birimin kalınlığını 1500 m'den

3000 m'ye kadar değiştiğini belirtmişlerdir ve birime Burdugaliyen-Tortoniyen yaşını vermişlerdir.



Şekil 4.3. Karataş Formasyonunun arazideki görünüşü.

4.1.3. Kızıldere Formasyonu (Tk)

Karataş Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen Kızıldere Formasyonu ilk olarak Schmidt (1961) tarafından tanımlanmıştır. Bilgin ve diğ. (1981) tarafından, alt seviyelerde konglomera ve resifal kireçtaşları, üst seviyelerde ise kalın katmanlı kumtaşı ve marndan oluşan birimlerin varlığından bahsedilmiştir. Kozlu (1997), yapmış olduğu çalışmada kumtaşı katmanları ve kumlu marnları ayırarak Menzelet Formasyonu altında vermiştir.

Yumurtalık ilçesi kıyılarında, Yumurtalık fayının güneydoğusunda gözlenen birim genel olarak, gri renkli orta-kalın tabakalı kumtaşı ve marn seviyelerinin ardalanmasından oluşmaktadır. Birim, alt seviyelerinde konglomera ve resifal

kireçtaşları ile başlamakta, üst seviyelere doğru kalın katmanlı kumtaşı ve marnlardan oluşmaktadır. Daha üst seviyelerde ise silttaşı, kumlu marn ve kumtaşı ardalanmalı bir seviye bulunmaktadır. Kızıldere Formasyonu'nu transgresif aşmalı olduğu için, bazı yerlerde konglomera, resifal kireçtaşı ve istifin üst kesimleri tabanda yer almaktadır (Uysal, 2005). Birimin yaşı Kozlu (1987), tarafından Serravaliyen-Messiniyen olarak verilmiştir.

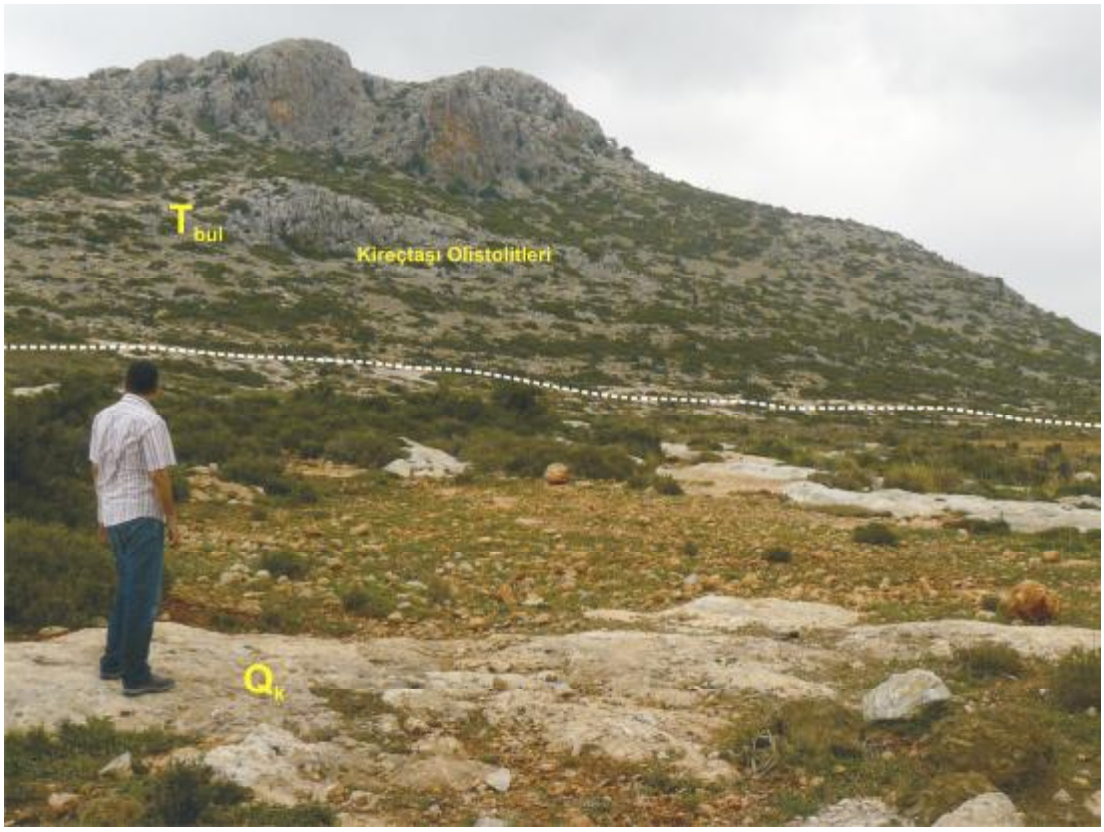
4.1.4. Kaliçi (Qk)

Özellikle Adana ve yakın civarında yaygın olarak gözlenen birim, genelde üst seviyeleri sert (hard pan), alt seviyeleri ise yumuşak (soft pan) bir birimden oluşmaktadır (Dinçer, 2007). Kaliçiler traverten özelliğindedir. Adana'nın kuzeyinde özellikle taraça malzemelerinin üzerinde yaygın kaliçi oluşumları gözlenmektedir. Güneyde ise Ceyhan Nehri'nin Akdeniz'e doğru olan kısımlarında kaliçiler bulunmaktadır. Çalışma alanında kaliçiler Misis tepelerinin yamaç kesimlerinde bulunmakta olup tepeden yuvarlanan Mesozoik kireçtaşı parçaları da içermektedir. Oluşum sırasında yamaç eğimine uygun çökelmişlerdir. Çalışma alanında gözlenen kalınlığı birkaç cm'den birkaç metreye kadar değişmektedir (Şekil 4.4). Birimin yaşı Bilgin ve diğ. (1981) tarafından Kuvaterner olarak verilmiştir.

4.1.5. Delihalil bazaltı (Qd)

Çalışma alanında, İskenderun Körfezinin kuzeyinde bulunan KD – GB uzanımlı sol yönlü doğrultu atımlı Karataş – Osmaniye Fay zonu bulunaktadır (Şaroğlu ve diğ., 1992). Bu zon boyunca Neojen seriyi kesen bazik bileşimli kayalar gözlenmektedir; bunlar, İskenderun Körfezinin GB'sından KD'suna doğru Hama Tepe, Delihalil Tepe, Üç Tepeler ve Gertepe olmak üzere dört farklı bölgede yoğunlaşmıştır ve çalışma alanında yaklaşık 115 km^2'lik bir bölgeyi kaplamaktadır. Yapılan çalışmalarda bazik bileşimli kayaların çıkış noktaları, bu dört bölgede var olan volkanik bacalar olarak gösterilmektedir (Yurtmen ve diğ., 2000). Delihalil Tepe de bu bazik volkanitlerin çıkış merkezine ait koniler bulunmaktadır. Bu nedenle

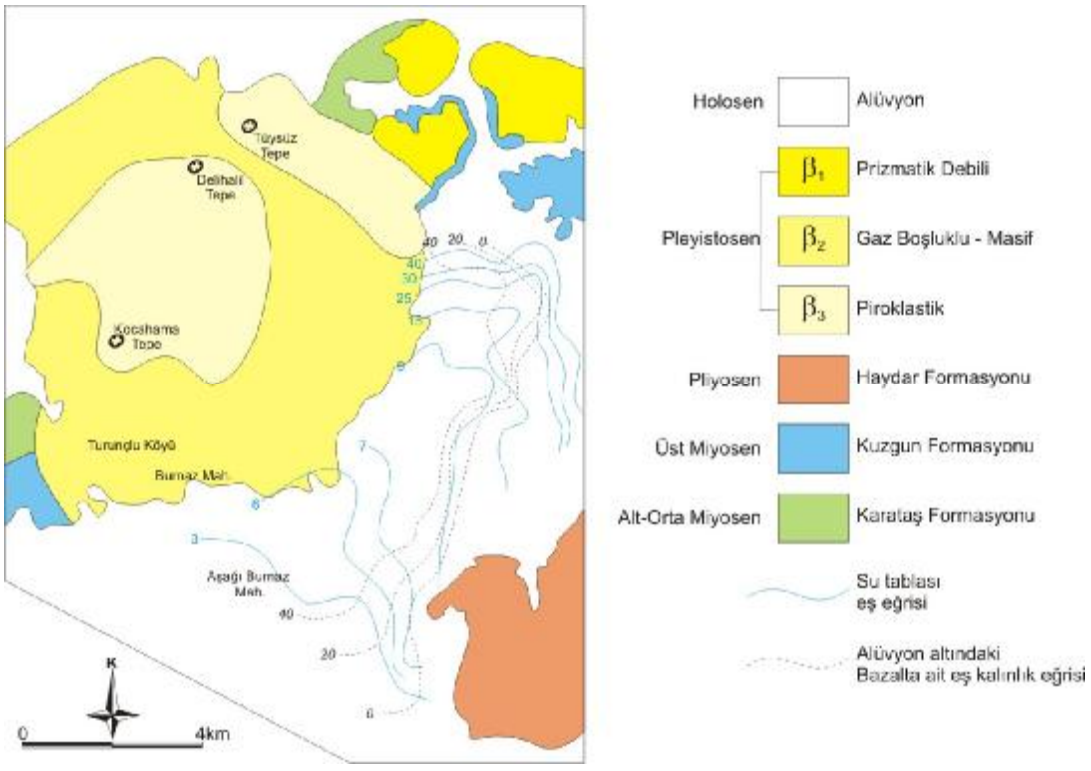
birimin adı, Kozlu (1982) tarafından Delihalil Tepe'den alınarak verilmiştir. Birim Yumurtalık civarında Gölovası köyü ve İncirli köyü'nün bulunduğu alanda, Osmaniye kuzeyindeki Cevdetiye köyü çevresinde ve Aslantaş baraj gölü ile Düziçi ilçesi arasındaki bölgede yüzeylenmektedir (Kozlu, 1997).



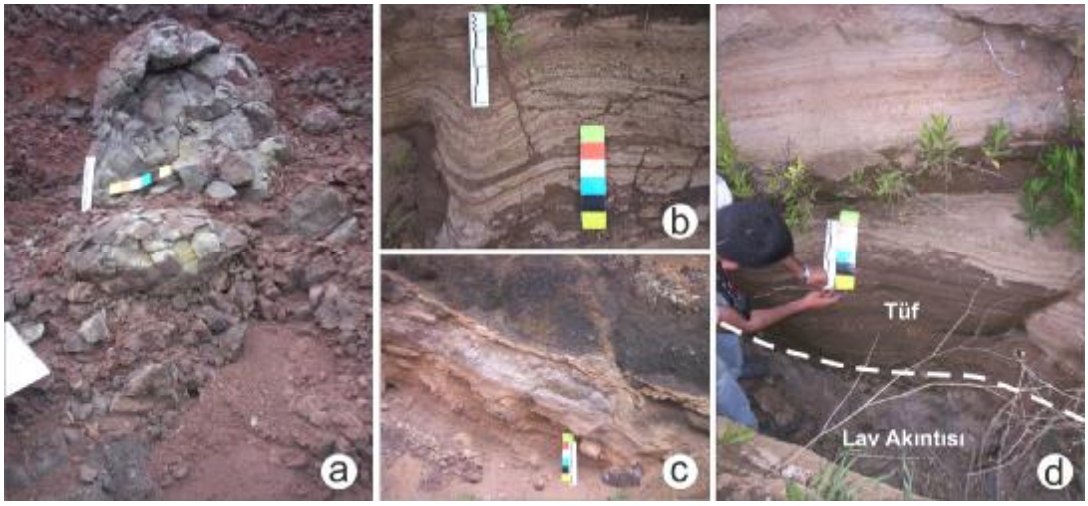
Şekil 4.4. Çalışma alanındaki kaliçilere ait görüntü.

Bu bölgedeki bazik bileşimli kayalar genel olarak piroklastik, gaz boşluklu bazaltlar ve kolonsal debili olmak üzere üç tiptedir. Pelen (1995), yapmış olduğu çalışmada bu bölgedeki bazik volkanizma ürünlerinin sınırlarını haritalamıştır (Şekil 4.5). Bu üç tip üründen ilki olan kırmızımsı, siyah ve gri renklerde gözlenen piroklastik malzemeler, Tüysüz Tepe, Delihalil Tepe ve Kocahama Tepe arasında kalan kesimde bulunmaktadır. Bu malzemeler volkanik cüruf, tüf ve çapı yaklaşık 1 m'ye kadar çıkan volkan bombalarından oluşmaktadır (Şekil 4.6). Çalışma alanının bazı kesimlerinde piroklastik malzemeler lav akıntısı üzerinde gözlenmektedir (bkz Şekil 4.6d). Bu da volkanik faaliyetin birden fazla aktiviteye sahip olduğunu

göstermektedir. Çalışma alanındaki ikinci tip ürün, ayrışma yüzeyleri kahvemsi, taze yüzeyleri siyah renkli gözlenen, gaz boşluklu seviyelerdir. Gaz boşluklu seviyeler genelde çalışma alanının güney kesimlerinde bulunan Turunçlu ve Burnaz köyü civarında bulunmaktadır (Şekil 4.7). Bu tez çalışması kapsamında, Turunçlu ve Burnaz köyü civarında yapılan sondajlı çalışmalarda, yüzeyden yaklaşık 4 m kalınlığa kadar gaz boşluklu seviye bulunurken bu seviyenin altında masif özellikteki bazaltlara rastlanılmıştır. Bu seviye devam ettirildiğinde, altında tekrar gaz boşluklu seviyelerin bulunduğu belirlenmiştir. Bu da bölgedeki volkanik aktivitenin tek seferde gerçekleşmediğini kanıtlamaktadır. Üçüncü tip ürün olan, siyah renkli, prizmatik debili bazaltlar ise çalışma alanının KD kesimlerinde Toprakkale civarında halat yapısı gösteren bazaltlarla birlikte bulunaktadır (Şekil 4.8). Birimin yaşı üzerine örtmüş olduğu birimlere bakılarak Pleyistosen olarak verilmiştir (Kozlu, 1982).



Şekil 4.5. Çalışma alanındaki bazaltların yayılımını gösterir harita (Pelen, 1995).



Şekil 4.6. Delihalil tepe ve çevresinde gözlenen volkan bombası (a), tüf (b), cüruf (c) ve lav akıntısına ait görüntüler.



Şekil 4.7. Çalışma alanındaki boşluklu bazalt seviyelerine ait bir görüntü.



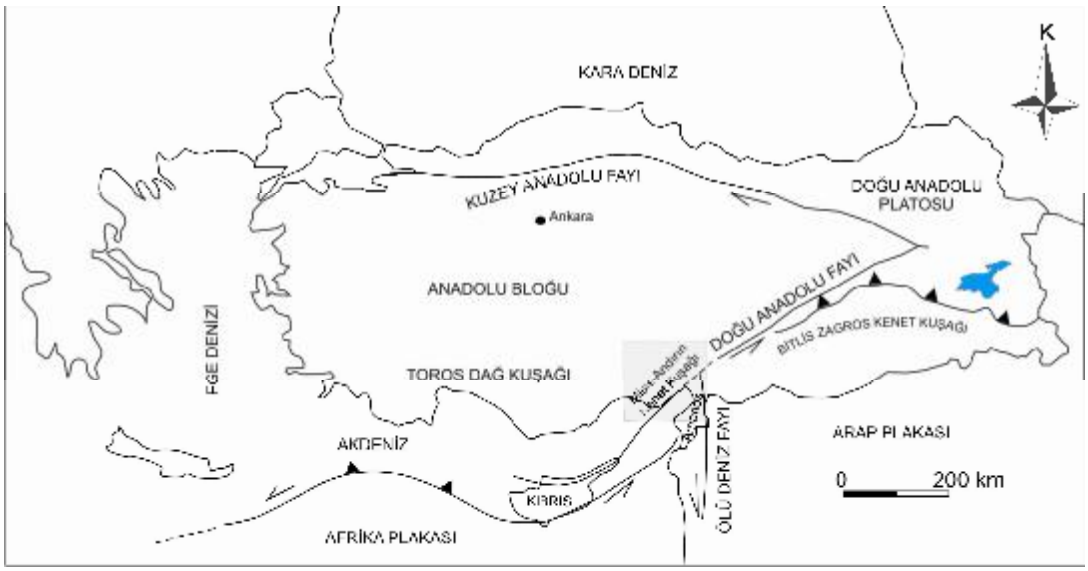
Şekil 4.8. Çalışma alanındaki prizmatik debili bazaltlar ve bu birimler üzerinde yapılan sondajlardan alınan karot örnekleri.

4.1.6. Alüvyon (Qa)

Yumurtalık bölgesi ve kuzeyinde, Adana ovasını da oluşturan eski alüvyonları ile dere boylarında gelişmiş genç alüvyon bulunmaktadır. Eski alüvyonlar genellikle bitkisel toprak ile örtülü bulunmaktadır. Yeni alüvyonlar ise dere boylarında gelişmiş olup genelde kötü boylanmış, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil malzemesinden oluşmaktadır. Özellikle çalışma alanının K-KB kesiminde Ceyhan Nehrinin menderesli yapıları, çok iri taneli malzemeden ziyade iri-ince taneli (kum-silt-kil) malzemelerin çökelmelerine olanak vermektedir.

4.2. Yapısal Jeoloji

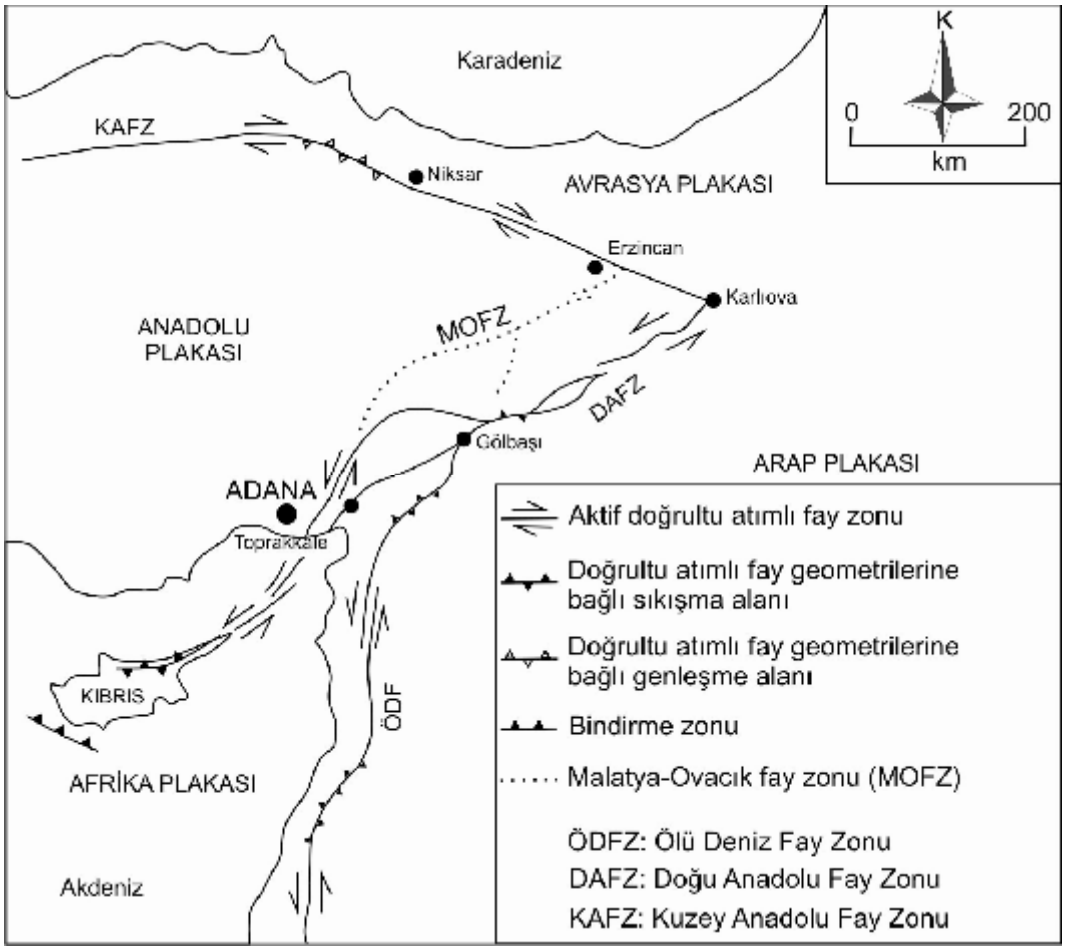
Bölgenin tektonik evrimiyle ilgili birçok çalışma bulunmaktadır (Nur ve diğ. 1978; Şengör ve Yılmaz 1981; Kelling ve diğ. 1987; Karig ve Kozlu 1990; Perinçek ve Çemen 1990; Westaway 1994; Robertson ve diğ., 2004). Akdeniz bölgesinin doğusunda yer alan çalışma alanı Türkiye'nin en önemli tektonik ilişkilerinin geliştiği bir bölgede bulunmaktadır. Akdeniz bölgesinin doğusunda, Ölüdeniz fay zonu, Kuzey ve Doğu Anadolu fay zonları olmak üzere doğrultu atımlı üç ana fay zonu bulunmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Miyosen – Holosen döneminde Anadolu ve çevresinde gelişen ana tektonik hatları gösterir harita (Şengör ve Yılmaz, 1981).

Çalışma alanının kuzeyinde Anadolu, Afrika ve Arap plakalarının üçlü birleşme noktası olarak bilinen Kahramanmaraş bölgesi bulunmaktadır (Şengör ve Yılmaz, 1981; Karig ve Kozlu, 1990; Kozlu, 1987). Afrika ve Anadolu plakaları arasındaki sınır, Kıbrıs-Misis-Andırın yönelimi boyunca, güney Türkiye'de sol yönlü doğrultu atımlı fayların bulunduğu sınırı oluşturmaktadır (Şekil 4.10). Açılma rejimine bağlı olarak kıta içi Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazaltik volkanizma da bu sınır boyunca oluşturmuştur (Kozlu, 1987; Kelling ve diğ. , 1987; Westaway ve Arger, 1996; Arger ve diğ. , 2000). Çalışma alanında bulunan Misis-Andırın karışığının

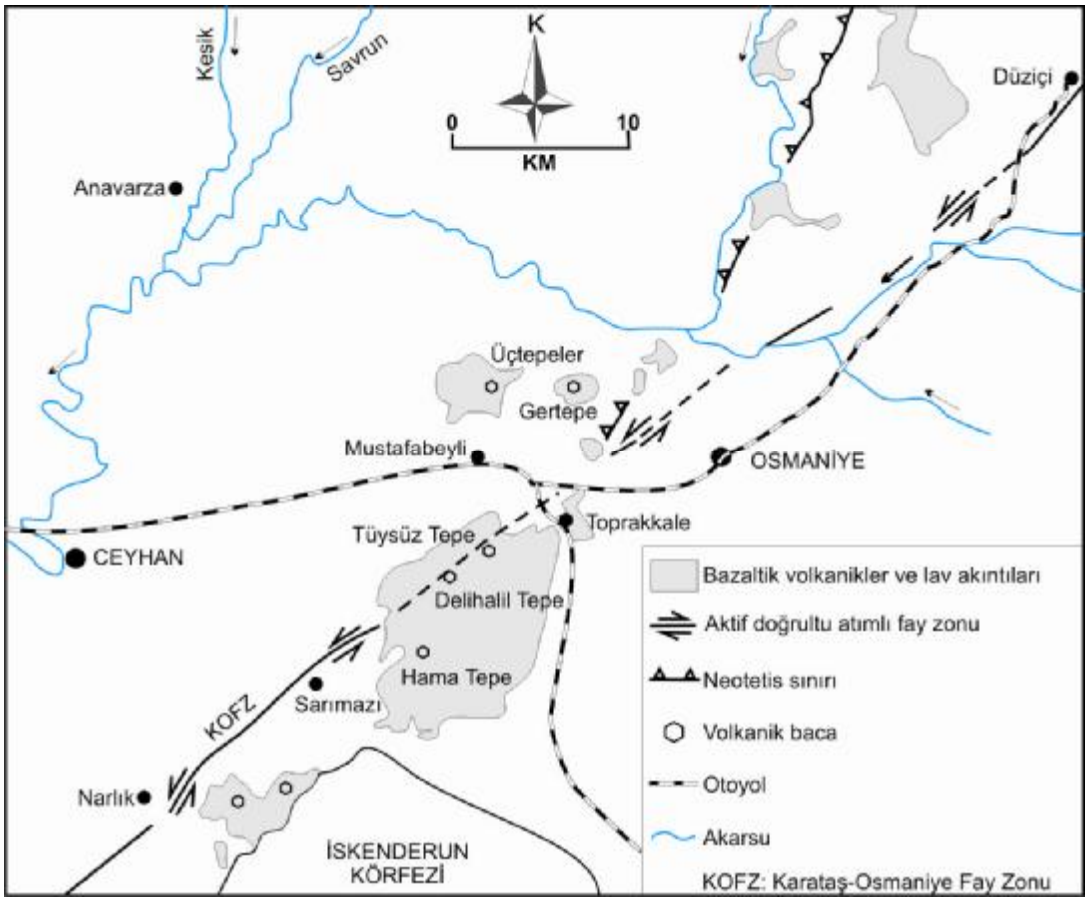
yayılım alanı, Misis dağları, Ceyhan ilçesinin güney tarafını, Aslantaş yöresini, Kadirli-Andırın-Göksun çevresini kapsamakta, güneybatıdaki devamı ise Kıbrıs-Beş Parmak dağlarına kadar uzanmaktadır (Uysal, 2005).



Şekil 4.10. Doğu Akdeniz bölgesindeki ana aktif fayların sınırlarını gösteren harita (Westaway ve Arger, 1996'dan basitleştirilerek).

Güneydoğu Anadolu bölgesinde Neojen yaşlı tektonik hatların yönü, inceleme alanında KD-GB uzanımlı olup doğrultu atımlı faylar ve bindirmeler şeklindedir (Kozlu, 1987). Kozlu (1997) yapmış olduğu çalışmada inceleme alanındaki tektonik hatları ayrı ayrı haritalayarak, Aslantaş fay zonu, Yumurtalık fayı (bindirme), Sarıkeçili-Karatepe fayı, Karataş ve Zeytinbeli fayları olarak haritalanmıştır. Karataş ve Yumurtalık bölgesinden başlayarak Maraş'a kadar uzanan hat Şaroğlu ve diğ. (1992) tarafından Karataş-Osmaniye fay zonu olarak

gösterilmiştir. Sol yönlü doğrultu atıma sahip olan bu fay zonu çalışma alanında önemli bazaltik volkanizmanın gelişmesine de neden olmuştur (Şekil 4.11).

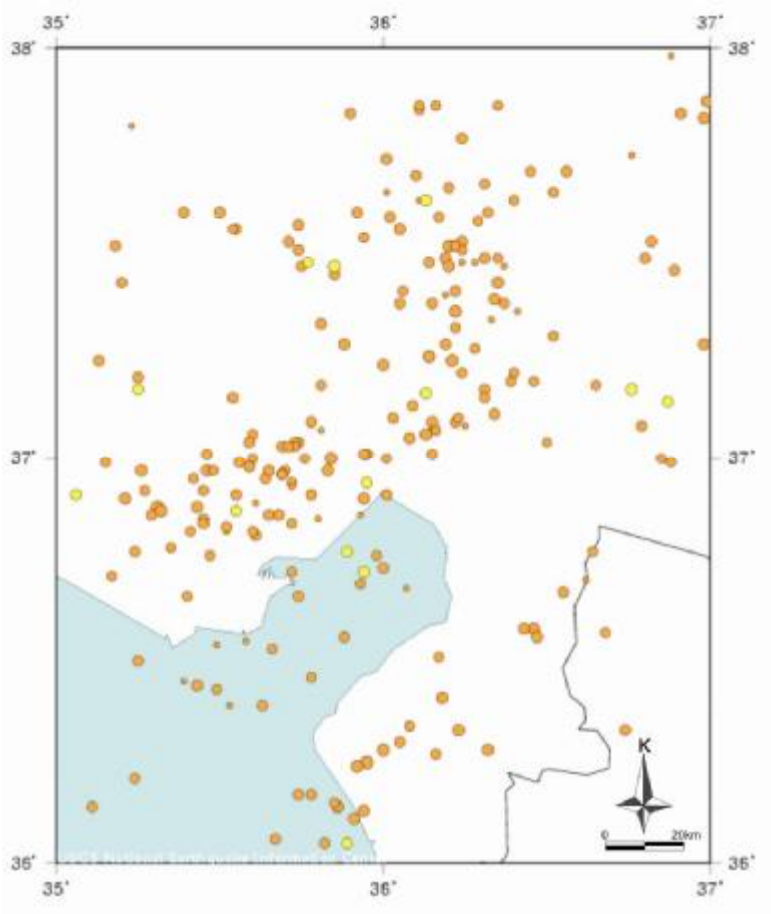


Şekil 4.11. İskenderun Körfezinin kuzeyindeki alandaki bazaltik volkanizmanın dağılımını gösterir harita (Yurtmen ve diğ., 2000).

4.2.1. Bölgenin Depremselliği

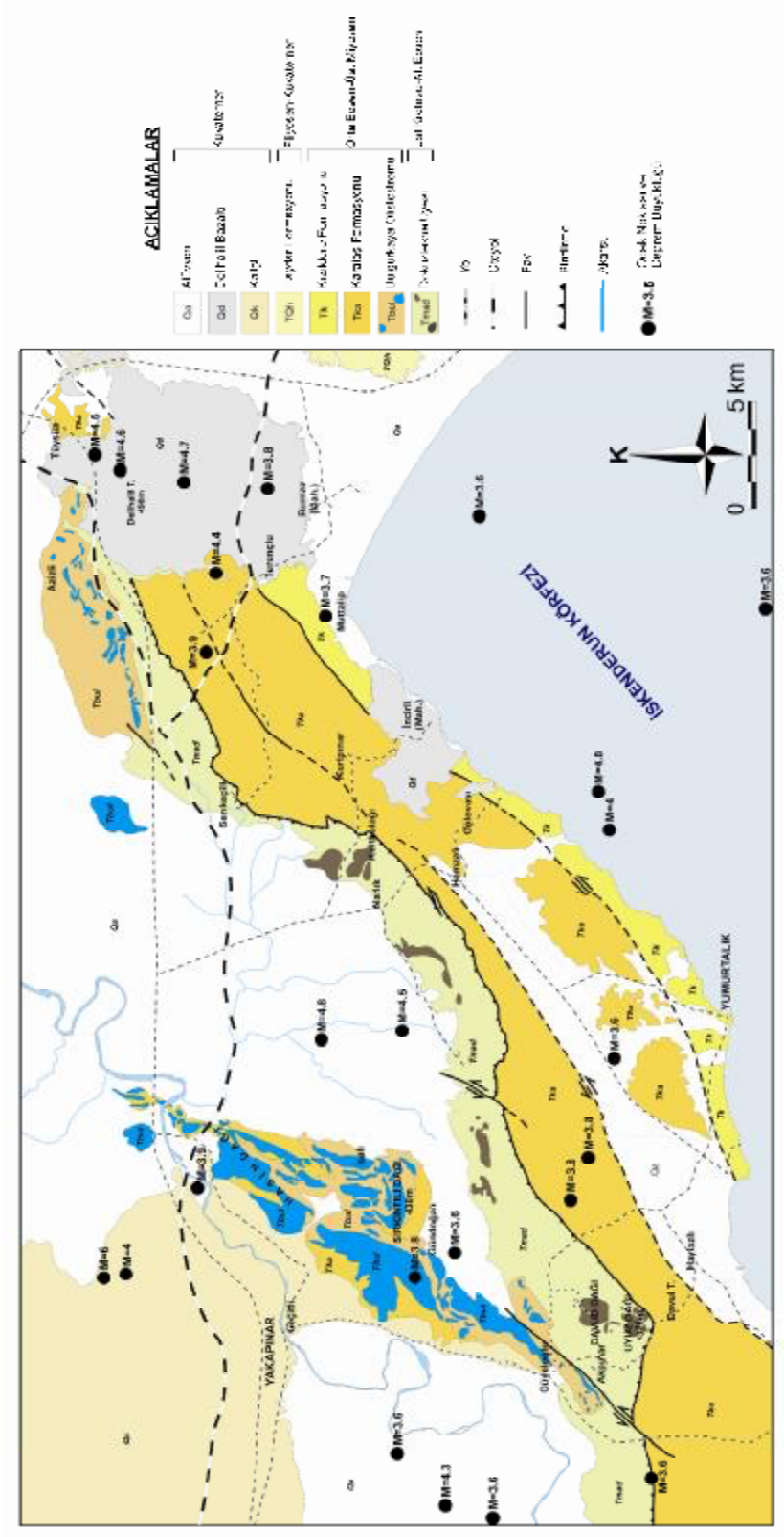
Çalışma alanı ve yakın civarı Türkiye'nin en önemli faylarından biri olan KD – GB Doğu Anadolu fayı zonundadır. İnceleme alanı 1996 tarihli Türkiye Deprem Haritasına göre 1. ve 2. derece deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Bölgede tarihsel ve aletsel dönemde birçok deprem meydana gelmiştir. Bölgede aletsel dönemde hasar yaratan son deprem 27.06.1998'de meydana gelmiştir. Bölgenin 36°-38° enlemleri ile 35° -37° boylamları arasındaki depremlerden etkilendiği bilinmektedir (Şekil 4.12). Bölgede aletsel dönemde büyüklüğü 3.5'in üzerinde olan

136 deprem ölçülmüştür (EK-2). Bu depremlerden aletsel dönemde ölçülen 25 adet deprem inceleme alanı içersinde kalmaktadır (Şekil 4.13). İnceleme alanı içersinde kalan depremlerin büyüklükleri 3.6 ile 6.0 arasında değişmektedir.



Şekil 4.12. Çalışma alanı ve yakın civarındaki 1973-2008 arasındaki depremlere ait odak noktaları (Kaynak: www.usgs.gov).

Tarihsel dönemde 1114-1268 yılları arasında da Gölbaşı-Osmaniye ve Misis-Yumurtalık bölgesinde yıkıcı depremlerden bahsedilmektedir. Soysal ve diğ. (1981) ve Ambraseys (1985)'in 1900 öncesi Anadolu ve yakın civarındaki sismik aktiviteye yönelik çalışmalarından derlenen deprem verilerine göre, 10 Ağustos 1114 yılında Ceyhan, Antakya ve Maraş'ta etkili olan gözlemsel şiddeti IX olan deprem Akdeniz'de büyük deprem dalgaları (tsunami) olduğu belirtilmiştir. İstatistiksel hesaplar, Tarsus – Hatay – Maraş üçgeni içersinde 70 – 90 yıl arasında yıkıcı depremlerin tekrarladığını göstermektedir (Tabban, 2000).



Şekil 4.13. Çalışma alanı içersinde büyüklüğü 3.5 ve üzeri depremlerin dağılımını gösterir harita

4.3. Mühendislik Jeolojisi

Ülkemizde hızla ilerlemekte olan inşaat sektörü, yanında malzeme gereksinimini de artan bir hızla gündeme getirmektedir. Kaya malzemelerinin inşaat sektöründe doğru bir şekilde kullanımı mühendislik jeolojisi kapsamında değerlendirilmektedir. Mühendislik jeolojisi konusunda çalışan bir jeoloji mühendisinin saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda vereceği karar ileride malzeme kullanımından dolayı ortaya çıkabilecek problemleri azaltmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada da öncelikle hidrolik yapılarda kullanılabilecek kayalar arazi gözlemleri ile belirlenmiş ve uygun görülen kayalar üzerinde standartlarda belirtilen şartlarda deneyler yapılmıştır. Arazide ve laboratuvarda yapılan değerlendirmede kayaların litolojik özellikleri ile kaya malzemesinde gözlenen ayrışma ve dayanım özellikleri ISRM (1981), CIRIA (1991;2007), BS 932-3 (1997) ve BS EN 5930:1999a, TS EN 13383-1 (2004) ve TS EN 13383-2 (2004) standartlarına göre değerlendirilerek çalışma alanındaki kayaların kıyı koruma yapılarına kullanılabilirliği belirlenmiştir.

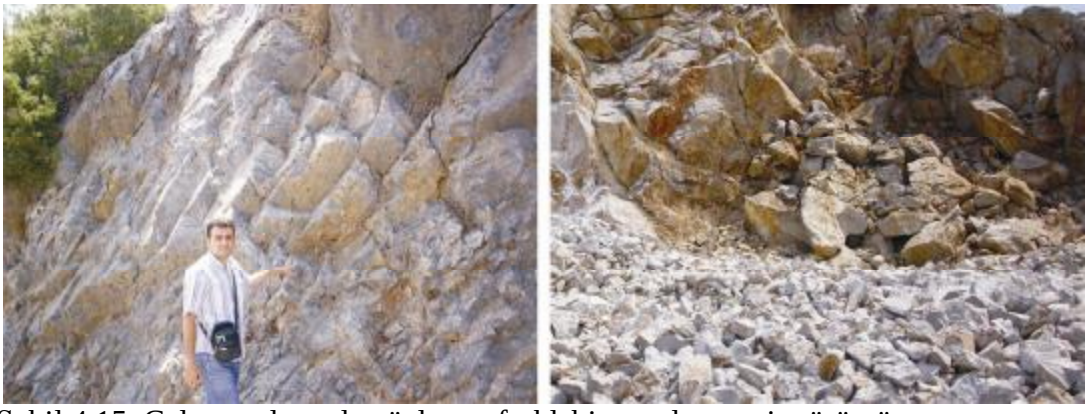
Çalışma alanındaki en yaşlı birimlerden biri olan Dokuztekne Üyesi, Kozlu (1997)'ye göre tabanda spilitik volkanitlerle başlayıp, ortaç volkanitlere ve üste doğru tüffit ve aglomeralara geçmektedir. Bu kaya türleri marn, killi kumlu kireçtaşı ve olistostromal çakıltaşı-kumtaşı seviyeleri içersinde bulunmaktadır (Şekil 4.14). BS 6349-7 (1991), BS 932-3 (1997) ve CIRIA (2007) standartlarına göre bu birim içersindeki kayaların koruma taşı olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde volkano-sedimanter birimlerin gerek dayanım özellikleri gerekse fazla blok vermemesi nedeniyle kaya kalitesi kötüdür. Kaya kütleleri incelendiğinde ayrışmanın, CIRIA (1991;2007) ve BS EN 5930:1999a standardına göre, orta derecede (III) olduğu gözlenmiştir. Gözlemler sonucunda yapılan değerlendirmede birimin kıyı koruma yapısında kullanımı uygun görülmemektedir. Birim içersinde kaya malzemesi olarak kullanılabilir özellikte görülen spilitik bazaltlar, farklı ekonomik değere sahip olduklarından dolayı bu birimlerin farklı açılardan değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, taş dolgu kıyı koruma yapılarında kullanılacak malzemenin seçiminde bu bazaltlar değerlendirilmemiştir.



Şekil 4.14. Çalışma alanında gözlenen Dokuztekne üyesine ait tüfler ve üzerine geldiği killi birimler.

Çalışma alanındaki en yaşlı birimlerden bir diğeri olan Bulgurkaya Olistostromu, Kozlu (1987)'ye göre sedimanter karışık (olistostrom)'dan oluşmaktadır. Birim Paleozoik yaşlı metamorfik kireçtaşları, Mesozoik yaşlı kireçtaşları ve Eosen yaşlı kireçtaşları ve dolomitler olarak üç farklı parçadan oluşmaktadır (Şekil 4.15). BS 6349-7 (1991), BS 932-3 (1997) ve CIRIA (2007) standartlarına göre bu birim içersindeki kireçtaşlarının koruma taşı olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, birimlerin gerek dayanım özellikleri gerekse blok verebilirliği nedeniyle kaya kalitesi olarak iyi özelliktedir. Kaya kütleleri incelendiğinde ayrışmanın, CIRIA (1991;2007) ve BS EN 5930:1999a standardına göre, az derecede (IB) (ana yüzeyde boyanma şeklinde) olduğu gözlenmiştir. Çalışma alanında gri renkli olarak gözlenen kireçtaşları, 0.5-1 cm boyutunda kalsit tanelerinden oluşmaktadır ve gözle görülen çatlaklar kalsit dolguludur. Beyaz-sarımsı renkte gözlenen kireçtaşları ise çok ine taneli kalsit minerallerinden oluşmaktadır. Saha çalışmaları sonucunda yapılan değerlendirmede birimin kıyı koruma yapısında kullanımının uygun olabileceği görülmemektedir. Birim içersinde

gözlenen dolomitler, farklı ekonomik değere sahip olduklarından dolayı taş dolgu kıyı koruma yapılarında kullanılacak malzemenin seçiminde değerlendirilmemiştir.



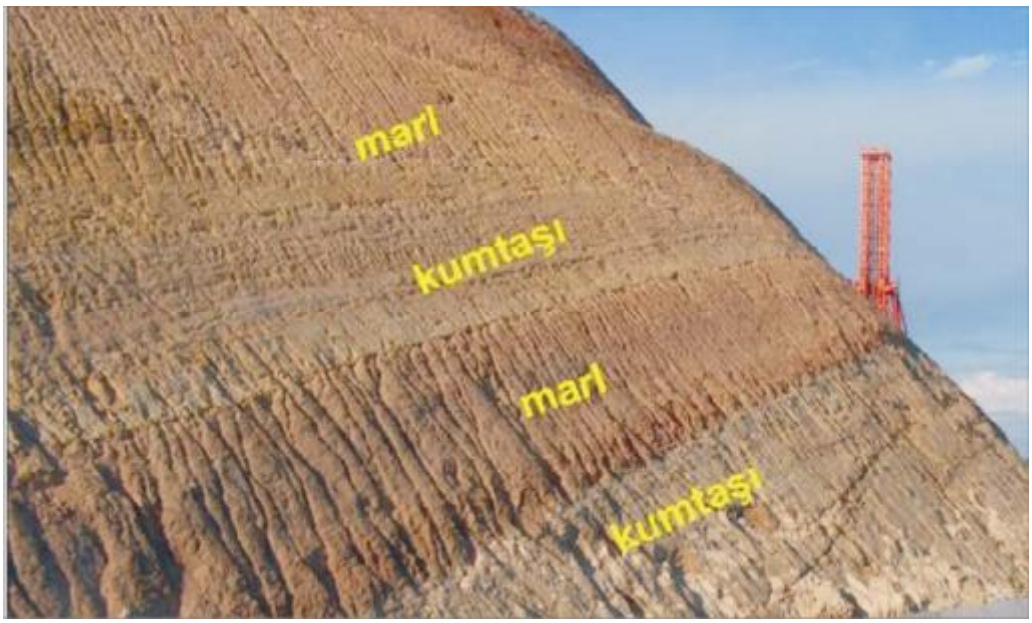
Şekil 4.15. Çalışma alanında gözlenen farklı kireçtaşlarına ait görüntü.

Çalışma alanında yer alan Karataş Formasyonu, türbiditik karakterli olup derin denizel çökellerden oluşmaktadır. Birimin BS 6349-7 (1991), BS 932-3 (1997) ve CIRIA (2007) standartlarına göre koruma taşı olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, birimin gerek dayanım özelliklerinin düşük olması gerekse blok verebilirliğinin olmaması nedeniyle kaya kalitesi bakımından kötüdür (Şekil 4.16). Kaya kütleleri incelendiğinde ayrışmanın CIRIA (1991;2007) ve BS EN 5930:1999a standardına göre, II-hafif derecede ayrışmış (kaya kütlesinin büyük bir bölümünde sürekli bir boyanma şeklinde) olduğu gözlenmiştir. Saha çalışmaları sonucunda yapılan değerlendirmede birimin kıyı koruma yapısında kullanımı uygun görülmemektedir.

Çalışma alanında bulunan Kızıldere Formasyonu, gri renkli orta-kalın tabakalı kumtaşı ve marn seviyelerinin ardalanmasından oluşmaktadır. Birimin BS 6349-7 (1991), BS 932-3 (1997) ve CIRIA (2007) standartlarına göre koruma taşı olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, birimin gerek dayanım özellikleri gerekse blok verebilirliği nedeniyle kaya kalitesi olarak orta kalitededir (Şekil 4.17). Kaya kütleleri incelendiğinde ayrışmanın CIRIA (1991;2007) ve BS EN 5930:1999a standardına göre, az derecede (IB) (ana yüzeyde boyanma şeklinde) olduğu gözlenmiştir. Saha çalışmaları sonucunda yapılan değerlendirmede birimin kıyı koruma yapısında kullanımı uygun görülmemektedir.



Şekil 4.16. Çalışma alanında gözlenen türbiditik birime ait görüntü.



Şekil 4.17. Çalışma alanında gözlenen orta-kalın tabakalı kumtaşı ve marn'a ait görüntü.

Çalışma alanındaki Kuvaterner yaşlı kaliçilerin BS 6349-7 (1991), BS 932-3 (1997) ve CIRIA (2007) standartlarına göre koruma taşı olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, dayanım özelliklerinin düşük olması ve blok verebilirliğinin düşüklüğü nedeniyle kaya kalitesi sınıfı bakımından kötüdür. Kaya kütleleri incelendiğinde ayrışmanın, CIRIA (1991) ve BS EN 5930:1999a standardına göre, az

derecede (IB) (ana yüzeyde boyanma şeklinde) olduğu gözlenmiştir. Saha çalışmaları sonucunda yapılan değerlendirmede birimin kıyı koruma yapısında kullanımı uygun görülmemektedir.

Çalışma alanındaki Kuvaterner yaşlı, koyu grimsi-siyah renkli, soğuma çatlaklı ve yer yer boşluklu olan bazaltların masif seviyelerinin BS 6349-7 (1991), BS 932-3 (1997) ve CIRIA (2007) standartlarına göre koruma taşı olarak kullanılabilirliği değerlendirildiğinde, birimin gerek dayanım özellikleri gerekse blok verebilirliği nedeniyle kaya kalitesi mükemmeldir. Kaya kütlesi incelendiğinde, ayrışmanın CIRIA (1991;2007) ve BS EN 5930:1999a standardına göre, az derecede ayrışma (IB) (ana yüzeyde boyanma şeklinde) –taze ve ayrışmamış (IA) şekillerde olduğu gözlenmiştir. Birim içersinde gözlenen boşluklarda yer yer kalsit dolgu gözlenmektedir (Şekil 4.18). Üst seviyeleri daha boşluklu ve ayrışmış olan bazalt biriminde, derine doğru gidildikçe boşluk yapısı azalmakta ve masif bir yapı gözlenmektedir. Saha çalışmaları sonucunda yapılan değerlendirmede, birimin kıyı koruma yapısında kullanımının uygun olabileceği görülmektedir.



Şekil 4.18. Çalışma alanında gözlenen Kuvaterner yaşlı bazalta ait görüntü.

Yapılan litolojik değerlendirmelere göre inceleme alanında hidrolik yapılarında koruma taşı olarak kullanılabilecek dört tür kaya belirlenmiştir.

Değerlendirmeye alınan Delihalil bazaltına ait boşluklu ve masif bazalt seviyeler ile Bulgurkaya Olistostromu içersinde bulunan gri renkli kristalize kireçtaşı ve beyaz-sarımsı renkli mikritik kireçtaşları, petrografik, fiziksel ve mekanik bakımdan incelenerek standartlarla karşılaştırılmıştır. Bu kayaların çalışma alanındaki yayılımları geniş olmamakla birlikte özellikle bazaltların yüzeydeki mostraları yerine açık işletme yapılarak, derindeki masif seviyelerinin kullanılması mühendislik jeolojisi açısından daha uygun görülmektedir.

4.3.1. Çalışma Alanındaki Bazaltlara Ait Bulgular

Çalışma alanında gözlemsel değerlendirmelere göre hidrolik yaplarda kullanılabilir özelliklere sahip, üst seviyelerde boşluklu ve daha alt seviyelerde masif yapıda gözlenen bazaltların fiziksel ve mekanik özellikleri standartlarda belirtilen sınırlarda değerlendirilerek hidrolik yaplarda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

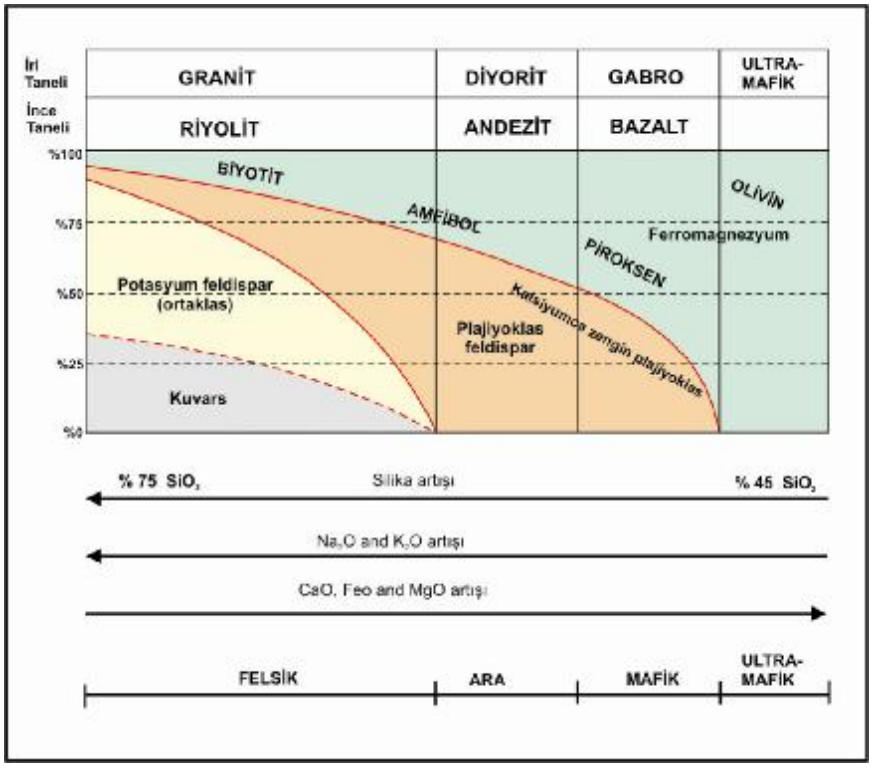
4.3.1.1. Çalışma Alanındaki Bazaltların Petrografik Özellikleri

Bu bölgedeki bazik bileşimli kayalar genel olarak piroklastik, gaz boşluklu bazaltlar ve kolonsal debili olmak üzere üç tiptedir. Çalışmanın başlığı açısından piroklastik malzemelerin hidrolik yaplarda kullanımı söz konusu olmadığından çalışma gaz boşluklu ve kolonsal debili masif bazaltlar üzerinde yoğunlaşmıştır.

Koyu gri renkli, demir ve magnezyumca zengin ve düşük silis içerikli dış püskürük magmatik bir kaya olan bazalt; oluşum ortamına ve soğuma hızına bağlı olarak ince kristalli ve masif olarak bulunmaktadırlar (Şekil 4.19). Genelde bazaltlar, ince taneli kristallerden oluşan matriks içinde olivin ve piroksen minerallerinden oluşan feno kristallerin bulunduğu porfirik dokuya sahiptirler.

Çalışma alanındaki bazik bileşimli kayaların (gaz boşluklu ve masif yapıdaki) petrografik ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, belirlenen noktalarda bölgedeki kaya özelliklerini taşıyan, on farklı örnek alınmış ve ince kesitleri hazırlanmıştır. İnce kesit yapılacak örneklerde, örneğin ayrışma durumu, gaz boşluklarının yoğunluğu ve dolgusu dikkate alınmıştır. İncelenen kesitler içersinde

egemen mineral genellikle plajiyoklastır. Kesitler içersinde olivin fenokristalleri ile opak mineraller de gözlenmektedir.



Şekil 4.19. Magmatik kayaların sınıflandırılması.

Çalışma alanından alınan bazalt örnekleri içerisinde gözlenen mineraller ve özellikleri tanımlanacak olursa;

Plajiyoklas: 0.1 mm ile 0.5 mm arasında, prizmatik, lata ve mikrolit şekilli olarak gözlenmektedir. Sönme açılarına göre değerlendirildiğinde, plajiyoklasların andezin-labrador bileşiminde olduğu belirlenmiştir. Plajiyoklasların çoğu polisentetik-albit ikizlenmesi göstermektedir. Plajiyoklas mineralleri içersinde gözlenen mikrokırıkların oluşturduğu ara boşluklar boyunca yer yer demirli mineral zenginleşmeleri gözlenmektedir.

Olivin: 0.3 – 1.6 mm arasında fenokristaller halinde, öz şekilli – yarı öz şekilli olarak gözlenmektedir. Özellikle derinden alınan örneklerde olivin mineralleri içerisinde bol miktarda kırık yapısı gözlenmiştir. Bol kırıklı olarak gözlenen olivinlerde bazı seviyelerde kırıklar boyunca iddingsitleşme gözlenmektedir.

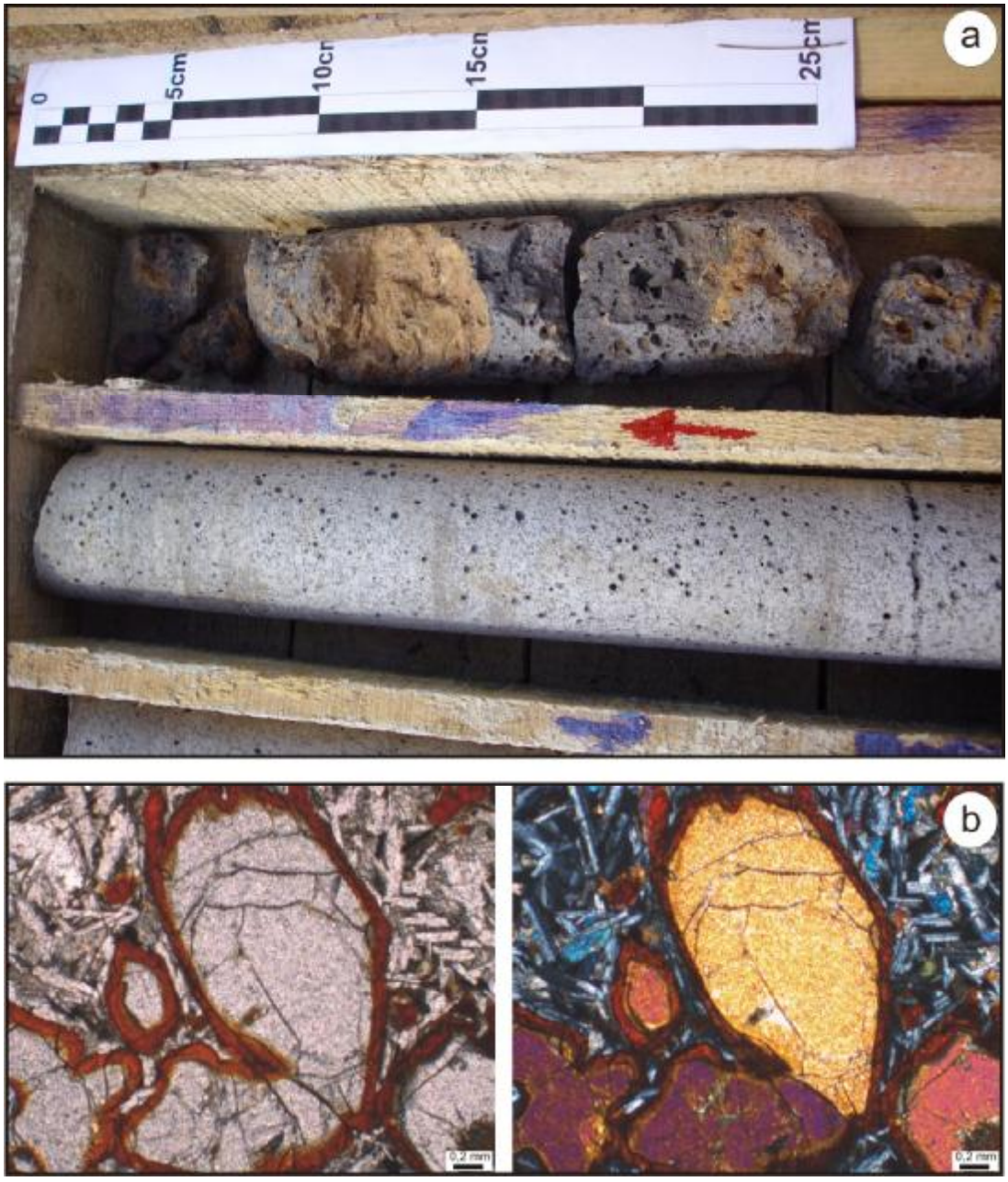
Opak Mineraller: Genellikle düzgün köşeli veya ince uzun iğnemsi şekilli olarak gözlenmektedir. Opak mineral olarak genellikle manyetit ve ilmenit'e rastlanmaktadır.

İnceleme alanındaki Pliyo-Kuvaterner yaşlı bazaltlar alkali-subalkali karakterdedir. Olivinli alkali karakterli bazaltlar porfirik dokuya sahip olup bol miktarda gaz boşluğu içermektedir. Fenokristaller bol miktarda plajiyoklas, olivin ve az miktarda piroksenden oluşmaktadır. Plajiyoklaslardaki Anortit yüzde ölçümleri kırılma indislerine ve sönme açılarına dayanılarak yapılmış ve plajiyoklas fenokristallerinin çoğunlukla labrador, yer yerde andezin bileşiminde ve Anortit yüzdelerinin % 45-55 arasında olduğu belirlenmiştir. Taneler arasında yer alan hamur maddesi plajiyoklaslardan (An, Ab) oluşmaktadır. Aynı mineralojik yapıya sahip bu olivinli alkali bazaltlar kimyasal ve fiziksel özellikleri bakımından ayrışmış bazalt ve ayrışmamış bazalt olmak üzere iki ana gruba ayrılmışlardır. Her iki kaya tipinde başlıca mineral fenokristalin olivinler ($(Mg, Fe)_2SiO_4$, Magnezyum Demir Silikat) olup bir miktarda piroksen ve plajiyoklas bulunmaktadır. El örneğinde ayrışmış gözenekli olarak tanımlanan bazaltlarda olivinler yüksek oranda ayrışma göstererek kırmızımsı kahverengi renkli iddingsit'e dönüşmüşlerdir (Şekil 4.20a.). Olivin kristallerinin etrafında oluşan ayrışma zonu, mineralin yaklaşık tüm alanının % 15-65'i kadardır (Şekil 4.20b).

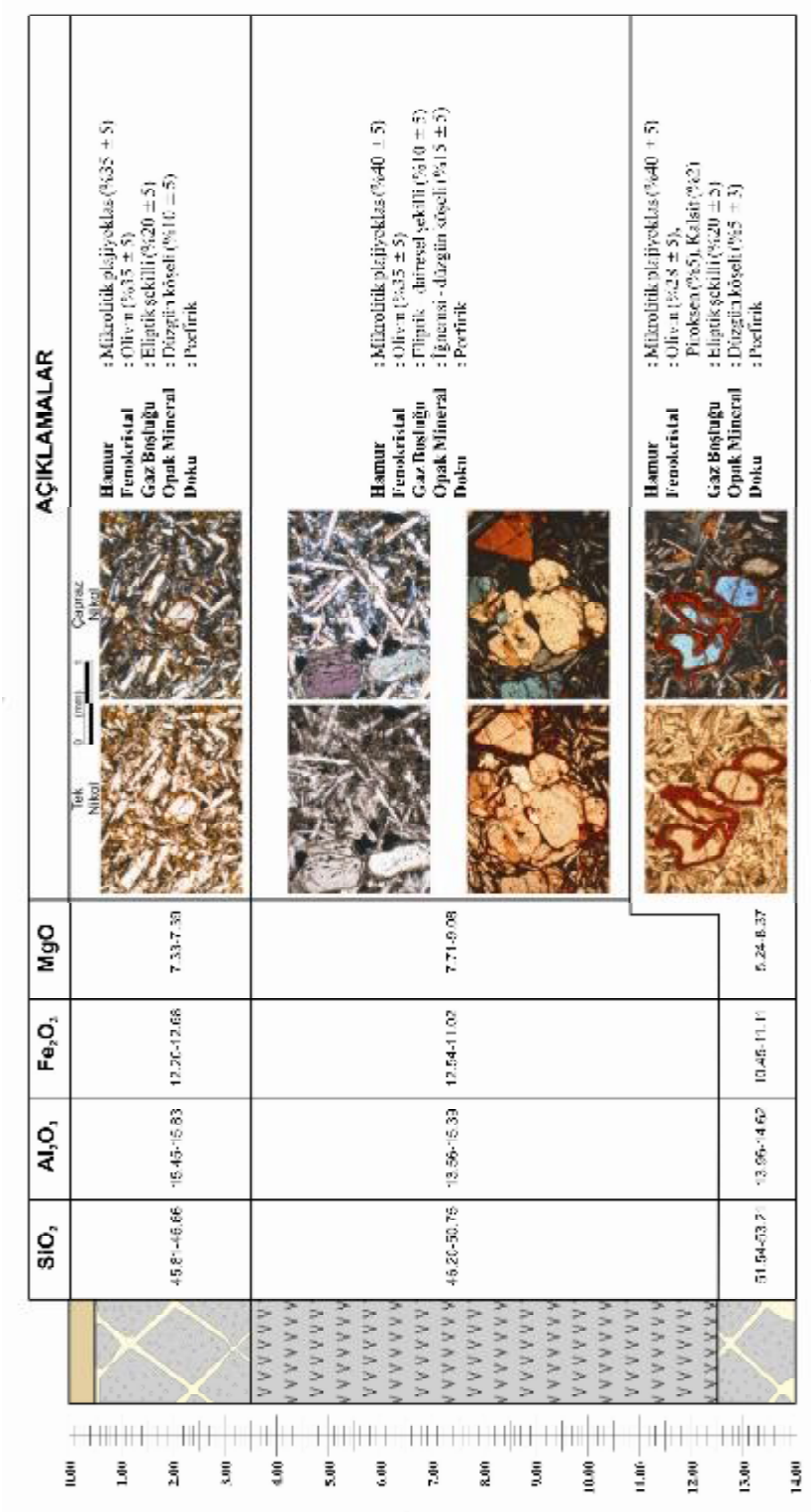
Çalışma alanındaki bazaltlardan yüzeyden derine doğru alınan karot örnekleri el örneğinde incelendiğinde üç farklı yapı gözlenmektedir. Yüzeyden derine doğru gidildiğinde yaklaşık 0-3.5 m arasında gaz boşluklu bir seviye (Üst Seviye), 3.5 – 12 m arasında masif (Orta Seviye) ve 12 m – 14 m arasında tekrar gaz boşluklu ve boşlukların bir kısmının kalsit ile dolgulu olduğu (Alt Seviye) bir seviye belirlenmiştir (Şekil 4.21).

Üst Seviye: Birinci grubu oluşturan bazaltlar, plajiyoklas hamur içersinde olivin fenokristallerinden oluşan porfirik dokudadır. İncelenen kesitlerde plajiyoklas %30-40 ve olivin oranı yaklaşık olarak %30-40 civarındadır. Plajiyoklaslarda ölçülen sönme açılarına göre plajiyoklaslar labrador bileşimindedir. Olivin minerali çevresinde ve kırık yüzeyleri boyunca az miktarda iddingsitleşme gözlenmektedir. İnce kesitte kahvemsi renkli olarak gözlenen iddingsitleşme bu seviyede mineralin

%30'unu kaplamaktadır. Tek ve çapraz nikolde siyah olarak gözlenen opak mineraller ise %10-15 oranında olup düzgün köşelidir. Kesit içersinde yoğun olarak gözlenen gaz boşlukları ise % 15-25 oranında olup birbiriyle bağlantısız ve eliptik şekilli olarak gözlenmektedir.



Şekil 4.20. Çalışma alanında ayrışmış bazaltlara ait karot (a) ve mikroskop (b) görüntüleri.



Şekil 4.21. Çalışma alanında üç farklı seviyede incelenen bazaltların derinliğe göre değişimleri.

Orta Seviye: İkinci grubu oluşturan bazaltlar, plajiyoklas hamur içersinde olivin fenokristallerinden oluşan porfirik dokudadır. İncelenen kesitlerde plajiyoklas %35-45, olivin oranı yaklaşık olarak %30-40 civarındadır. Plajiyoklaslarda ölçülen sönme açılarına göre plajiyoklaslar labrador bileşimindedir. Olivin minerali çevresinde ve kırık yüzeyleri boyunca az miktarda iddingsitleşme gözlenmektedir. İnce kesitte kahvemsi renkli olarak gözlenen iddingsitleşme bu seviyede mineralin yaklaşık %10'nunu kaplamaktadır. Tek ve çapraz nikolde siyah olarak gözlenen opak mineraller ise %10-20 oranın da olup iğnemsi-düzgün köşelidir. Kesit içersinde yoğun olarak gözlenen gaz boşlukları ise %10-25 oranında olup birbiriyle bağlantısız ve eliptik-daireselşekilli olarak gözlenmektedir.

Alt Seviye: Üçüncü grubu oluşturan bazaltlar, plajiyoklas hamur içersinde olivin fenokristallerinden oluşan porfirik dokudadır. İncelenen kesitlerde plajiyoklas %35-45 ve olivin oranı yaklaşık olarak %23-33 civarındadır. Plajiyoklaslarda ölçülen sönme açılarına göre plajiyoklaslar andezin bileşimindedir. Olivin minerali çevresinde ve kırık yüzeyleri boyunca yoğun oranda iddingsitleşme gözlenmektedir. İnce kesitte kahvemsi renkli olarak gözlenen iddingsitleşme bu seviyede mineralin %60'ını kaplamaktadır. Tek ve çapraz nikolde siyah olarak gözlenen opak mineraller ise %2-8 oranın da olup düzgün köşelidir. Kesit içersinde yoğun olarak gözlenen gaz boşlukları ise %15-25 oranında olup birbiriyle bağlantısız ve eliptik şekilli olarak gözlenmektedir. Ayrıca bu seviyedeki bazaltlar içersinde %5 oranında piroksen ve %2 oranında kalsit minerali gözlenmektedir.

4.3.1.2. Çalışma Alanındaki Bazaltların Jeokimyasal Özellikleri

Çalışma alanında bulunan bazaltların jeokimyasal özelliklerini incelemek amacıyla çalışma alanı içersinde değişik nokta ve derinliklerde, farklı ayrışma derecesine sahip on adet örnek alınarak analizi yapılmıştır (Çizelge 4.1). Analizler, Kanada Acme Analitik Laboratuarında ICP-MS yöntemi ile yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Kimyasal analiz sonuçlarına göre bazaltta; SiO_2 % 53.21-45.81, Al_2O_3 % 13.56-15.83, Fe_2O_3 % 10.45-12.76, MgO % 5.24-9.08, CaO % 7.78-10.13, Na_2O %

2.93-3.55, K_2O % 0.81-1.09, TiO_2 % 1.67-2.32, P_2O_5 % 0.241-0.419, MnO % 0.13-0.17, Cr_2O_3 % 0.029-0.063 arasında değişmektedir. Bu değerlere bakıldığında, örneklerin, majör oksit ve iz elementleri bazında bir bazaltın kimyasal bileşimine yakın olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.1. Kimyasal analizi yapılan örneklerin alındığı derinlikler ve el örneğindeki tanımları

No	Derinlik	Tanım
1	2 m	Gözenekli ve gözenekleri genelde kalsit dolgulu
2	9 m	Masif görünümlü
3	10 m	Gözenekli ve yoğun ayrışma
4	11 m	Gözenekli ve yoğun ayrışma, ayrışma rengi kahvemsi
5	5 m	Masif görünümlü
6	12 m	Masif görünümlü
7	13 m	Gözenekli ve gözenekleri çok az kalsit dolgulu
8	3.5 m	Gözenekli ve gözenekleri kısmen kalsit dolgulu
9	7.2 m	Masif görünümlü
10	14 m	Gözenekli ve gözenekleri çok az kalsit dolgulu

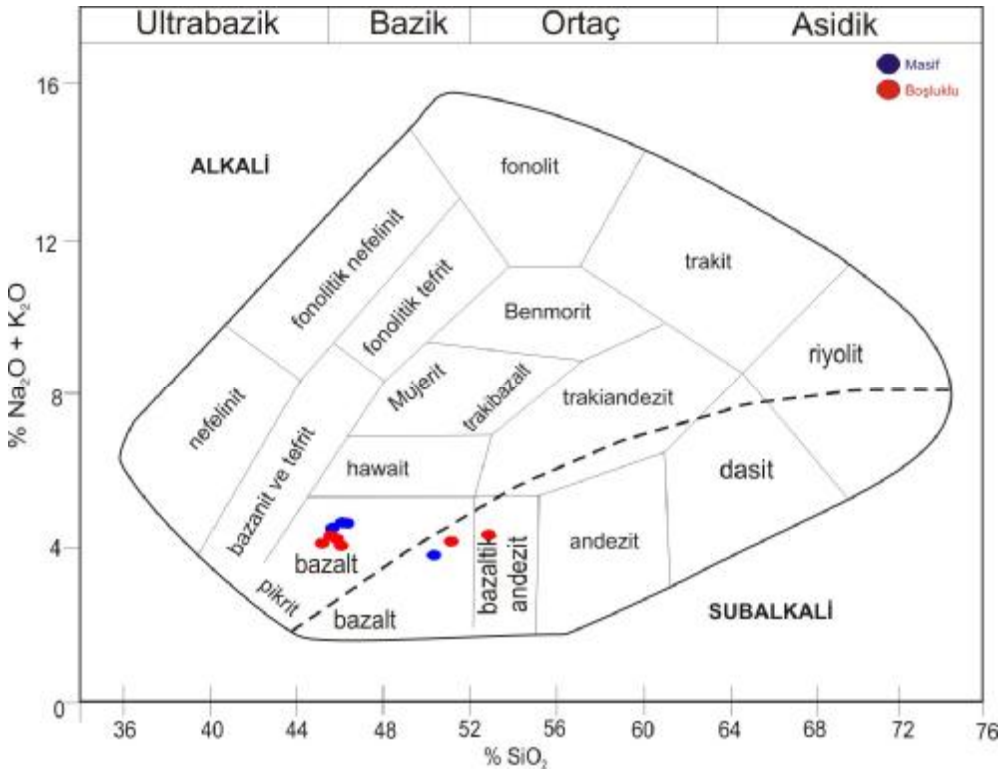
Analizi yapılan örnekler, Cox ve diğ. (1979)'nin SiO_2 – Na_2O+K_2O diyagramında değerlendirildiğinde masif kısım için düşey hatta yüzeyden yaklaşık 12 m derinliğe kadar bazalt, 12 m'den sonra bazaltik andezit seviyenin başladığı gözlenmektedir. Ayrıca yine aynı diyagram üzerinde Miyashiro (1978) tarafından ayrılan sınıra bakıldığında 12 m'ye kadar ki seviyelerde bazaltlar alkali karakterde 12 m'den sonra ise sub-alkali karakterdedir. Bu değişim iki farklı bazik karakterli volkanizmanın varlığına işaret etmektedir (Şekil 4.22). Bu sonuç ilk olarak bu çalışmada belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Bazaltlar üzerinde yapılan jeokimyasal analizlerde belirlenen majör oksitlere ait sonuçlar

Örnek No	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	MgO %	CaO %	Na_2O %	K_2O %	TiO_2 %	P_2O_5 %	MnO %	Cr_2O_3 %
1	46.66	15.83	12.68	7.33	10.13	3.03	0.99	2.32	0.414	0.17	0.031
2	46.2	15.57	12.76	7.79	9.9	3.42	1.02	2.28	0.419	0.17	0.032
3	46.46	15.61	12.64	7.71	9.86	3.16	1.04	2.29	0.41	0.17	0.034
4	46.19	15.57	12.73	7.91	9.8	3.27	1.00	2.26	0.416	0.17	0.063
5	46.63	15.76	12.58	7.99	9.75	3.55	1.03	2.3	0.395	0.16	0.036
6	50.75	13.56	11.02	9.08	7.85	2.93	0.81	1.67	0.241	0.14	0.045
7	51.54	13.96	11.11	8.37	7.78	3.05	1.08	1.77	0.262	0.14	0.044
8	45.81	15.45	12.2	7.39	9.79	3.09	0.99	2.25	0.402	0.16	0.029
9	46.87	15.39	12.54	8.08	9.77	3.55	1.01	2.24	0.406	0.17	0.035
10	53.21	14.62	10.45	5.24	8.51	3.21	1.09	1.76	0.243	0.13	0.042

Çizelge 4.3. Bazı volkanik kayaların jeokimyasal bileşimleri (LeMaitre, 1976)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	MnO
Bazalt	49.20	15.74	3.79	6.73	9.47	2.91	1.10	1.84	0.35	0.20
Andezit	57.94	17.02	3.27	3.33	6.79	3.48	1.62	0.87	0.21	0.14
Trakit	61.21	16.96	2.99	0.93	2.34	5.47	4.98	0.70	0.21	0.15
Dasit	65.01	15.91	2.43	1.78	4.32	3.79	2.17	0.58	0.15	0.09
Riyolit	72.82	13.27	1.48	0.39	1.14	3.55	4.30	0.28	0.07	0.06



Şekil 4.22. Çalışma alanının farklı nokta ve seviyelerinden alınan örneklerin Cox vd diğ. (1979) diyagramındaki yeri.

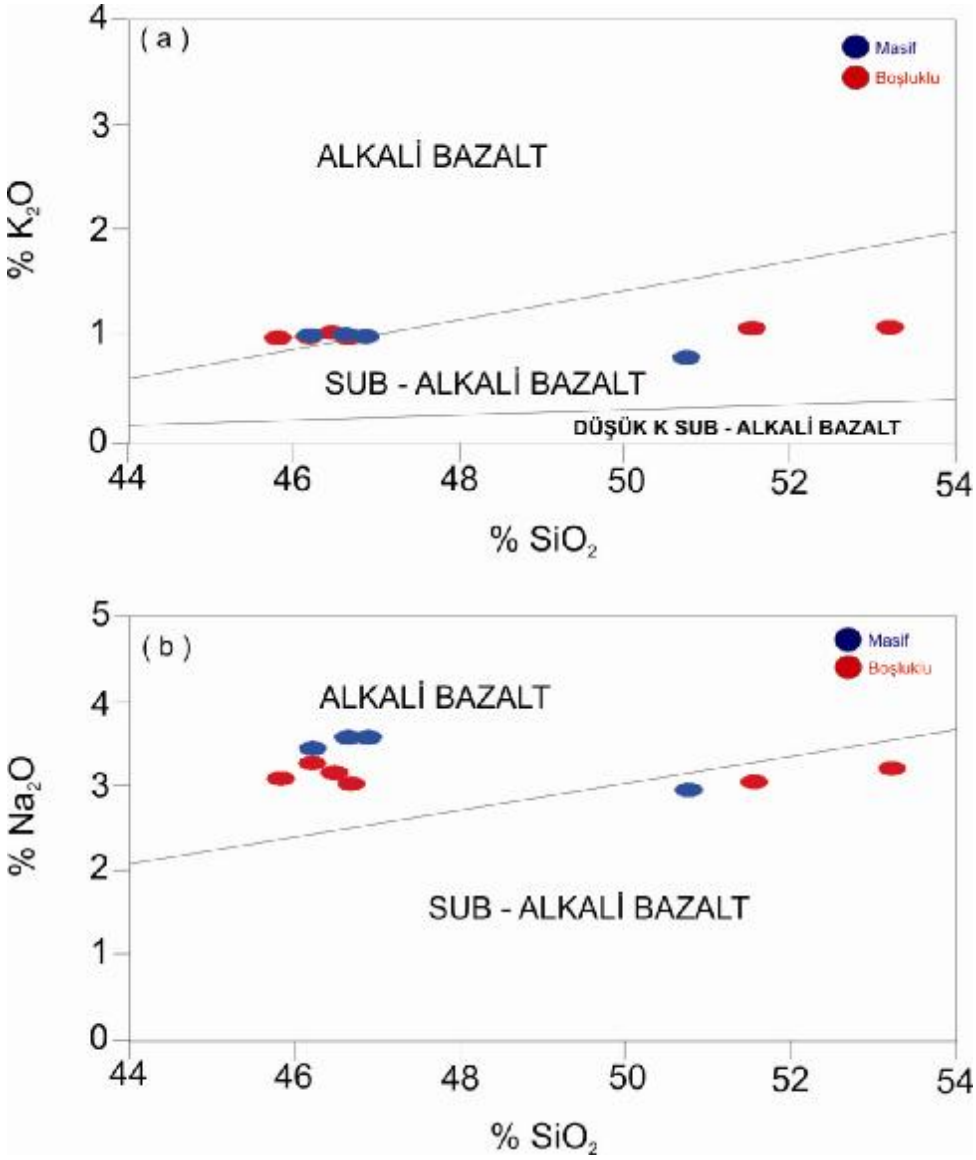
Çalışma alanından alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçları Middlemost (1975)'in önerdiği SiO_2 – K_2O ve Na_2O diyagramlarında değerlendirildiğinde masif yapıdaki bazaltların yaklaşık 12 m'ye kadar ki seviyelerde alkali karakterde 12 m'den sonra ise sub-alkali karakterde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.23).

LeMaitre (1984) ve Zanettin (1984)'in toplam alkali – silis diyagramı örneklere uygulandığında örneklerin yaklaşık 0-12 m arasındaki kısmının bazalt 12 m'den sonraki seviyelerin ise bazaltik andezit olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.24).

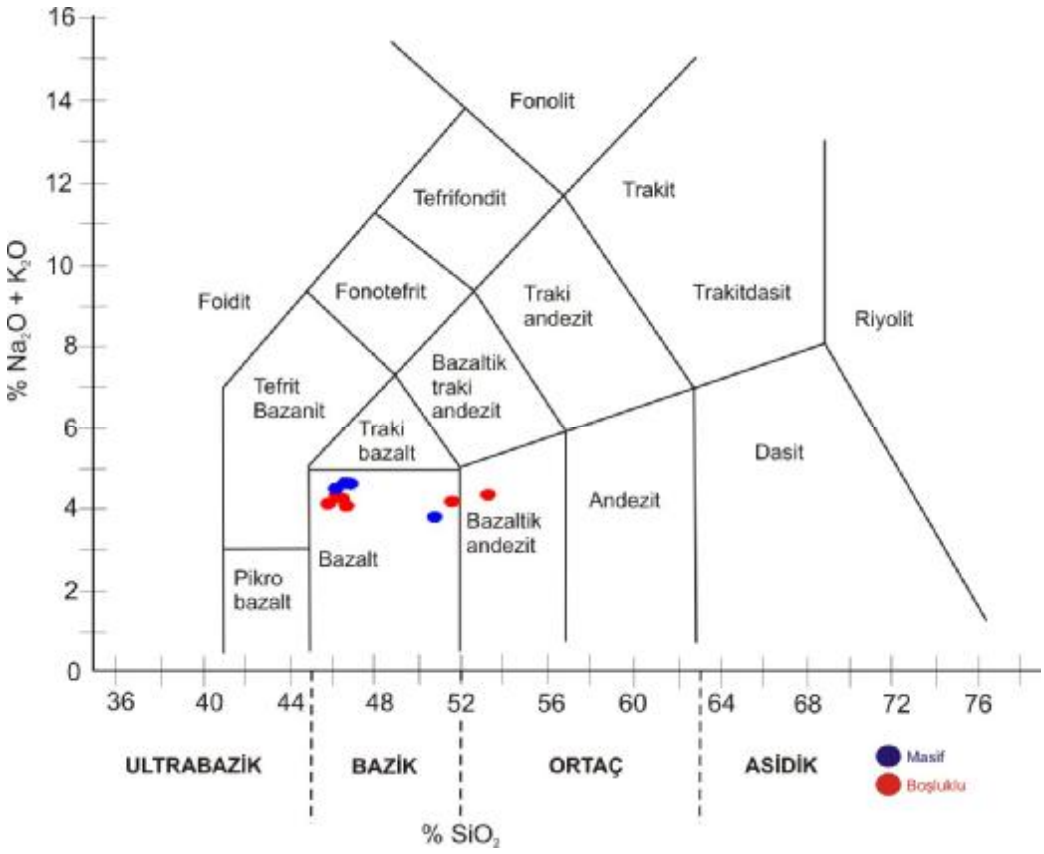
4.3.1.3. Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Özellikleri

Jeolojik dönemler boyunca yüzeyde veya yüzeye yakın yerlerde farklı ortam koşullarının etkisi ile kayalar bu yeni koşullara uyum sağlamak için değişim gösterirler (Fookes vd, 1971). Bu değişim süreci, kaya içersindeki bazı minerallerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yollarla ayrışmasına ve duraylı halini kaybetmesine

neden olur. Ayrışma süreci genel olarak ortamsal şartların etkisiyle çoğunlukla uzun sürede gelişen bir olay olup mühendislik değiştirgeleri açısından önemli sonuçların ortaya çıkmasına neden olur. Alterasyon ve ayrışma sözcükleri çoğunlukla aynı anlamda kullanılmaktadırlar (Gary ve diğ., 1972). Bazalt gibi kayalarda ayrışmayı denetleyen ana faktörler ise, arazi özellikleri, mineralojik ve petrografik özellikler, kaya içersinde gelişen mikroçatlaklar ve kimyasal özelliklerdir.



Şekil 4.23. (a) % K_2O – SiO_2, (b) % Na_2O - SiO_2 içeriklerine göre alkali ve sub-alkali bazalt diyagramında örneklerin yerleri.



Şekil 4.24. Farklı derinliklerden alınan örneklerin % SiO_2 - % $Na_2O + K_2O$ diyagramındaki yerleri.

4.3.1.3.(1). Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Derecelerinin Arazi Özelliklerine Göre Belirlenmesi

BSI 5930 (1999)'de önerilen ve altı gruptan oluşan ayrışma görüntüsü, incelenen bazalt sahası için uygulanmıştır. Bu ayrışma görüntüsü, bazaltların mühendislik özelliklerini yansıtırken soğuma çatlakları ve gaz boşluklarından oluşan geçirgenlik özellikleri açısından da yorumlanabilmektedir (Şekil 4.25). Burada tanımlanan terminoloji bütün bazalt sahası için uygulanmıştır.

DERECE	TANIMLAMA: Zon Özellikleri	TERİM
6	**Yerinde ayrışma ile oluşan toprak;** Bütün kaya malzemesi orjinalliğini kaybederek zemine dönüşmüştür. Kaya kütle yapısı ve malzeme fabriği değişmiştir. Hacimde büyük değişiklikler oluşurken, zemin fazla taşınmamıştır.	**KALINTI ZEMİN** % 0 kaya
5	**Bloklu toprak;** Bütün kaya malzemesi bozularak ve/veya parçalanarak toprağa dönüşmüştür. Orjinal kaya kütlesi hala genel olarak sağlam bir şekilde korunmuştur.	**TAMAMEN AYRIŞMIŞ** % 30'dan daha az kaya
4	**Kötü kalite kaya kütlesi;** Kaya malzemesinin yarısından fazlası bozularak veya parçalanarak toprağa dönüşmüştür. Taze veya rengi değişmiş kaya yer yer veya bloklar halinde gözlenir.	**YÜKSEK ORANDA AYRIŞMIŞ** % 30-% 50 kaya
3	**Orta kalite kaya Kütlesi;** Kaya malzemesinin yarısından azı bozularak veya parçalanarak zemine dönüşmüştür. Taze veya rengi değişmiş kaya yer yer veya bloklar halinde gözlenebilir.	**ORTA ORANDA AYRIŞMIŞ** % 50-% 90 kaya
2	**İyi kalite kaya kütlesi;** Renk değişimi, kaya malzemesinin veya süreksizlik yüzeylerinin ayrıştığını gösterir. Bütün kaya malzemesinin ayrışma sonucu rengi değişmiş olabilir.	**AZ AYRIŞMIŞ** % 90'dan fazla kaya
1	**Mükemmel kalitede kaya kütlesi;** Kaya malzemesinde ayrışmaya ilişkin bir belirti gözlenmez. Esas süreksizlik yüzeylerinde hafif renk değişimi olabilir. Yüzey mostralarında rastlanması zordur.	**TAZE KAYA** % 100 kaya

Şekil 4.25. BSI 5930 (1999)'e göre kaya kütlesi ayrışma dereceleri

Çalışma alanında genel olarak üst yüzeylerde kalıntı toprak grubundan derinlere doğru taze-ayrışmamış kaya niteliğine kadar litolojik olarak bir yapı gözlenmiştir. Bazı kesimlerde ayrışma profilinin en üst seviyesi olan ayrışma ürünü toprak zonu (derece 5 ve 6), aradaki zonlar olmadan doğrudan taze-ayrışmamış veya az ayrışmış kaya zonuna geçiş yapmaktadır. Ayrışma ürünü olan en üsteki zemin zonu genel olarak bazaltik kayalarda sığ karakterde birkaç metreden daha düşük kalınlığa sahip olarak gelişmişlerdir. Bazaltik kayalarda en üst seviye dışında bloklu ve topraktan oluşan yapı, ayrışma görüntüsü içinde yaygın değildir (Şekil 4.26).

Genel olarak bazaltlar ayrışmış ve ayrışmamış olarak iki ana grupta toplanmıştır. Ayrışmış seviyeler genelde bazaltik lav akıntılarının üst seviyeleri olup içerdiği gaz boşlukları ve yakın aralıklı soğuma çatlakları kayacın ayrışması ve bozunmasını hızlandırmıştır. Bazaltik lav akıntıları esnasında tabanda kalan kısım da gaz boşlukları gözlenmezken soğuma çatlakları da daha geniş aralıklı olarak oluşmuştur. Bu durum bazalta bloklu bir yapı kazandırarak ekonomik değerini yükseltmiştir.



Şekil 4.26. Çalışma alanında yüzeyde gözlenen ayrışma derecesi.

4.3.1.3.(2). Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Derecelerinin Mineralojik ve Petrografik Özelliklere Göre Belirlenmesi

Birçok çalışmada mineralojik değişimler göz önünde bulundurularak hesaplanan mühendislik parametreleri, ayrışmanın göz önünde bulundurulmamasından dolayı yanlış sonuçlar vermektedir. Birçok araştırmacı bu amaçla ayrışma ve dayanım özelliklerini ortaya koymak için petrografik indeks değerini geliştirmişlerdir (Lumb, 1962; County Roads Board, 1982; Cole ve diğ., 1980; İrfan ve diğ., 1978; Tuğrul, 1995). Bu indekslerin bir kısmı karmaşık olduğundan, bir kısmı da genellikle granit türü kayalar için geliştirildiklerinden bazalt türü kayalar için uygun değildir (Tuğrul, 1995). Bazalt türü kayaların hamurundaki ikincil minerallerin yüzdelerinin hesaplanamamasından doğan güçlük nedeniyle Tuğrul (1995)'de petrografik ayrışma indeksini (I_{pa}) bu kayalar için tanımlamıştır. Bu indekste, kayacın üç ana bileşenden (plajiyoklas, koyu renkli

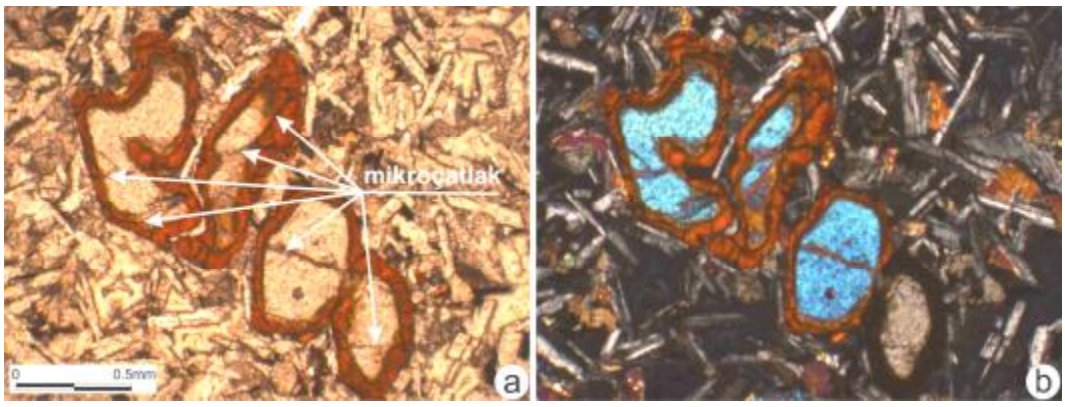
mineraller ve hamur) oluştuğu kabul edilmiş ve her bileşenin ayrışması yüzde olarak değerlendirilmiştir. Sonuçta bunların kaya içersindeki oranları da göz önüne alınarak petrografik ayrışma indeksi geliştirilmiştir (Tuğrul, 1995).

$$I_{pa} = \frac{AY}{(1-AY)} \qquad (4.1)$$

I_{pa}: Petrografik ayrışma indeksi (Tuğrul, 2005)

AY: Kayadaki ayrışmış mineral yüzdesi

Bu çalışma kapsamında, farklı nokta ve derinliklerden alınan örneklerin, birincil mikro yapıları, ayrışmadan sonra kazandıkları mikro yapılar, ikincil mineralleri, ayrışma yüzdeleri ve mikro petrografik indeks değerleri belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler yapılırken ilk olarak, mikroskop altında incelenen örneklerin farklı noktalarından fotoğraflar çekilmiş ve çekilen fotoğraflar üzerinde AutoCAD programında alan hesabı kullanılarak minerallerin ayrışmış alanı hesaplanmıştır (Şekil 4.27). Özellikle fenokristaller halinde gözlenen olivin minerallerinde ayrışma oranı çok yüksek olduğu gözlenmiştir. Olivin minerali ayrışmayla birlikle mineralin ve çatlakların dış yüzeyinden başlayarak mineralin çekirdek kısmına doğru iddingsit mineraline dönüşmektedir. Ayrışmış kısmın alanının mineralin tüm alanına oranı hesaplandığında mineraldeki ayrışmanın % 65'e kadar çıktığı gözlenmiştir. Özellikle yüzeye yakın ve gözenekli bazalt seviyelerinden alınan örneklerde olivindeki ayrışma oranı yüksek çıkmaktadır.

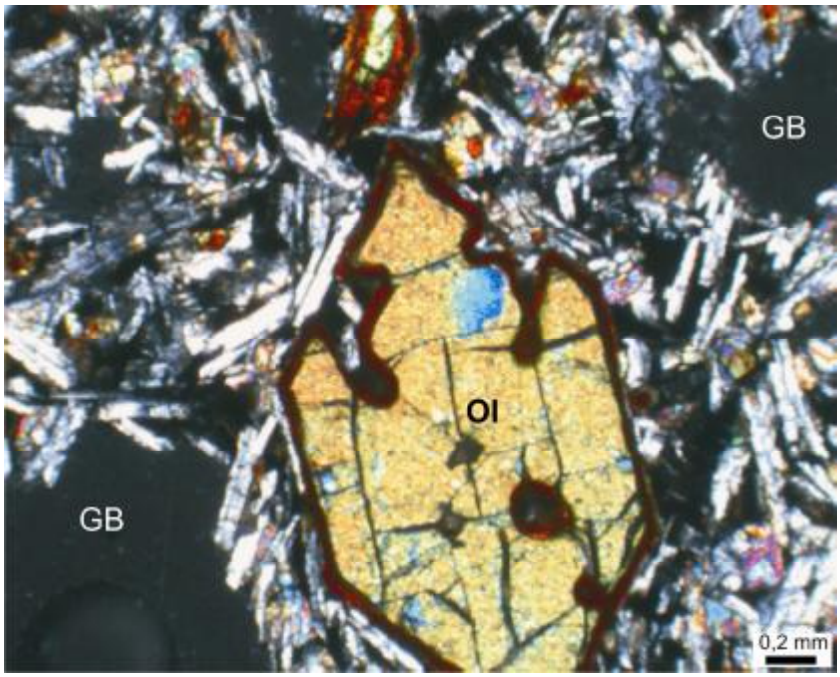


Şekil 4.27. Mikroskop altında, bazaltlarda gözlenen çatlaklar ve etrafında gelişen ayrışma ((a) Tek nikol, (b) çapraz nikol).

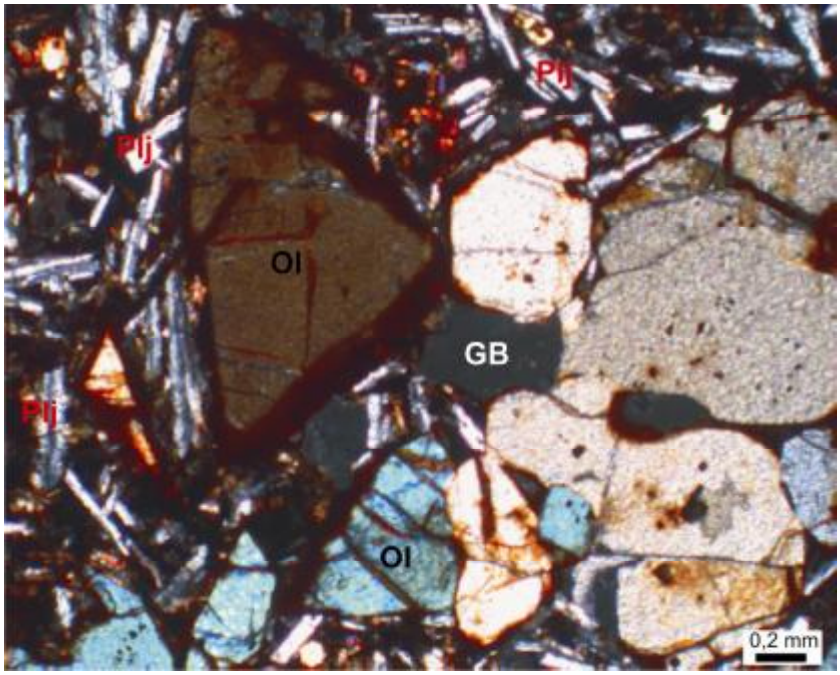
Minerallerdeki ayrışma oranının hesabında Tuğrul (1995) tarafından önerilen petrografik ayrışma indeksi (I_{pa}) ikinci yöntem olarak kullanılmıştır. Petrografik ayrışma indeksi değeri her örnek için en az üç kez hesaplanmış ve elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Mineraller tanımlanırken minerallerdeki ayrışma ve mikro kırıklar esas alınarak her örneğe ait petrografik tanımlama yapılmıştır ve buna göre petrografik ayrışma indeksi değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). Taze ve değişik oranlarda ayrışmış, gözenekli ve masif görünümlü bazalt örneklerinde gözlenen iri fenokristalli bazaltların polarizan mikroskobundaki görünümleri on ayrı seviyeden alınan örnek için ayrı ayrı incelenmiştir. Bu örnekler mikroskop altında incelendiğinde özellikle yüzeye yakın, gaz boşluklu seviyeler (Şekil 4.28) ile yaklaşık 10-12 m'den sonra rastlanılan gaz boşluklu bazaltlarda (Şekil 4.29) mikroçatlak ve ayrışma oranlarının yüksek olduğu gözlenmiştir. Yaklaşık 3-4 m derinlikten sonra karşılaşılan bazaltlarda (Şekil 4.30) ise ayrışmanın daha az oranda olduğu, bu yapıdaki bazaltların yaklaşık 12 m derinliğe kadar (Şekil 4.31) devam ettiği yapılan incelemede ve petrografik ayrışma indeksi hesaplarında belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Derinlik ile değişen petrografik ayrışma indeksi değerleri

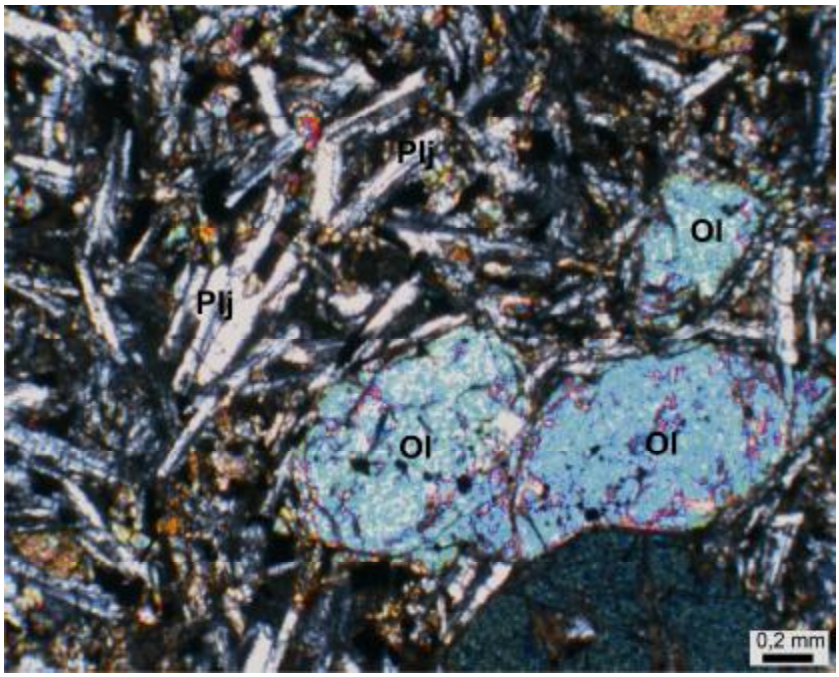
No	Derinlik	I_{pa}
1	2 m	1.20
2	9 m	0.45
3	10 m	1.40
4	11 m	1.40
5	5 m	0.20
6	12 m	1.45
7	13 m	1.50
8	3.5 m	1.10
9	7.2 m	0.35
10	14 m	1.60



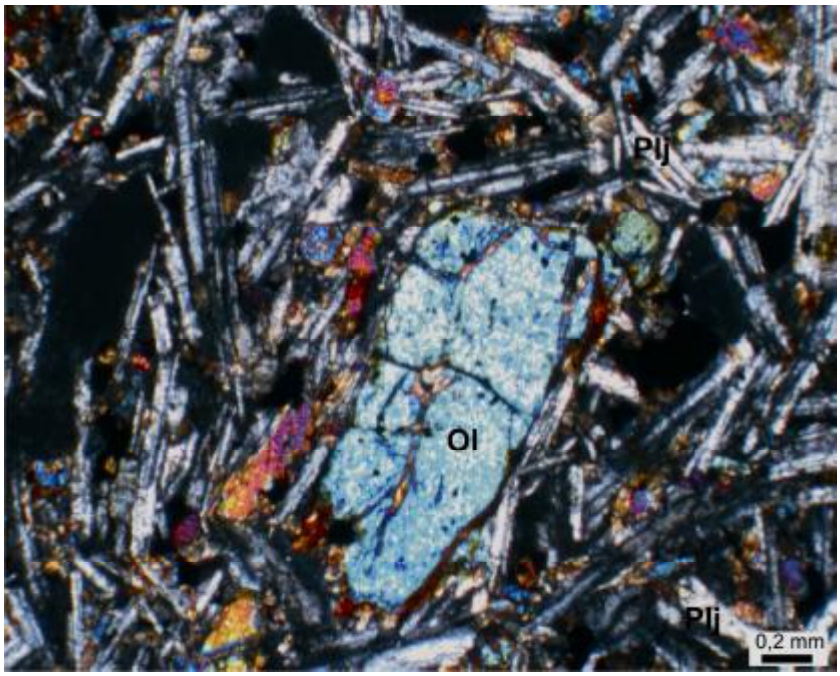
Şekil 4.28. Yaklaşık 2 m derinde bulunan gaz boşluklu bazaltlarda çapraz nikolde gözlenen ayrışma yapısı (Ol: Olivin, GB: Gaz boşluğu).



Şekil 4.29. Yaklaşık 12 m derinde bulunan gaz boşluklu bazaltlarda çapraz nikolde gözlenen ayrışma yapısı (Ol: Olivin, Plj: Plajiyoklas, GB: Gaz boşluğu).

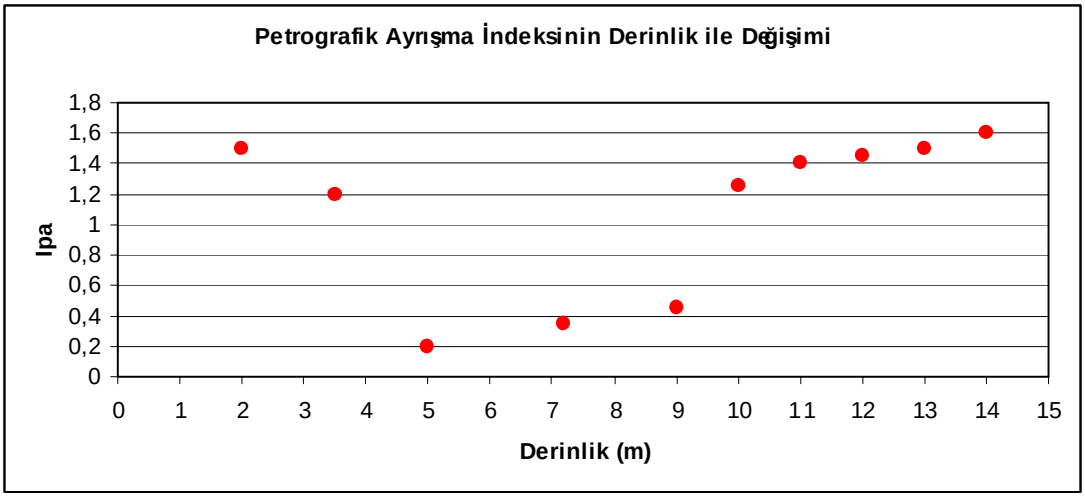


Şekil 4.30. Yaklaşık 5 m derinde bulunan bazaltların çapraz nikol görüntüsü (Ol: Olivin, Plj: Plajiyoklas).



Şekil 4.31. Yaklaşık 8 m derinde bulunan bazaltların çapraz nikol görüntüsü (Ol: Olivin, Plj: Plajiyoklas).

Genel olarak çalışma alanındaki bazaltlarda ayrışma indeksi değerleri, gaz boşluklu seviyelerde yüksek çıkarken daha masif özellikteki bazaltlarda ise düşük değerlerde çıkmaktadır (Şekil 4.32). Bu ayrışmaya, yüzeye yakın seviyelerde yüzey suları ve biyolojik etkiler neden olurken derinlerde gerçekleşen ayrışmada ise yer altı suyu etkisi neden olmaktadır. Derinde gerçekleşen ayrışmada hidrotermal etkilerde ayrışmaya neden olmaktadır. Özellikle derinde bulunan gaz boşluklu bazaltlarda boşlukları kısmen dolduran kalsit bu hidrotermal aktivitenin sonucunda gerçekleşmektedir. Bu aktivitede kayada ayrışmaya neden olmaktadır. Bu aktivasyon kayacın dayanım değiştirgeleri üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Özellikle ayrışmanın yoğun olduğu seviyeler taş dolgu kıyı koruma yapılarında kullanılmamalıdır. Suyla sürekli temas halinde olacak böylesi malzemelerde zaman içersinde parçalanma ve boyutlarında azalmalar meydana geleceğinden dolayı bu tip kayaların kullanımı sakıncalıdır.



Şekil 4.32. Çalışma alanından farklı derinliklerde alınan bazalt örneklerinde derinlik ile petrografik ayrışma indeksi (I_{pa}) arasındaki ilişki.

4.3.1.3.(3). Mikro Çatlak Yoğunluğu ile Ayrışma Derecelerinin İlişkisi

Kayaların dayanım özelliklerinin etkileyen yapısal unsurların başında ayrışma gelmektedir. Kaya içersindeki ayrışmanın mineral ve çatlaklar boyunca gelişmesi nedeniyle kaya içersindeki çatlakların yoğunluğunun bilinmesi önemlidir. Kayalarda

gözlenen ayrışma mineralojik değişime bağlı olarak tanımlandığı gibi bünyelerindeki gözle görülemeyen veya görülebilen çatlak yoğunluğu ile de ifade edilebilir (Tuğrul, 1995). Kaya içersindeki gözle görülemeyen çatlakların yoğunluğunun artması ayrışmanın yüzey alanının arttırmaktadır. Böylece kimyasal ayrışmaya girecek mineral yüzeyi artmakta ve kayanın dayanımı düşmektedir.

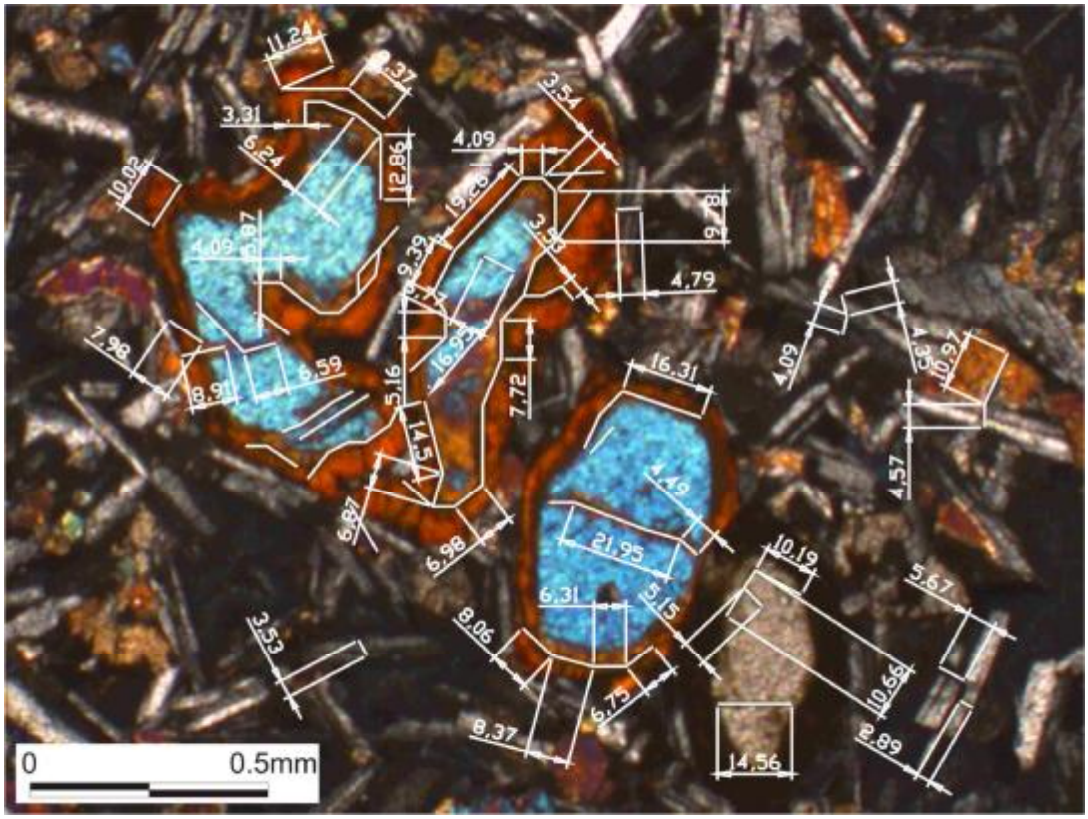
İrfan ve Dearman (1978), mikroskop altında toplam çatlak sıklığını, ince kesitte doğrular boyunca sayılmış çatlak sayısı olarak tanımlamışlar ve "mikroçatlak sayısı /10 milimetre" olarak ifade etmişlerdir. Davis (1984), mikroçatlak yoğunluğunu ($\rho_{mç}$), mikroskop altında ölçülen çatlak uzunluklarının toplam boyunun birim alana oranı olarak ifade etmiştir.

$$r_{mç} = \frac{L}{A}$$

$\rho_{mç}$: Mikroçatlak yoğunluğu
L: Kırıkların toplam boyu
A: Birim alan

(4.2)

Bu çalışmada da farklı ayrışma derecelerindeki bazalt örnekleri için bu yöntem kullanılmıştır. Mikroskop altında fotoğrafları çekilen ince kesit örnekleri daha sonra AutoCAD programında değerlendirilerek çatlakları belirlenmiş ve burada çatlak uzunlukları ölçülmüştür. Ölçülen kırıkların toplam boyu ince kesit alanına bölünerek kaya içersindeki mikroçatlak yoğunluğu ($\rho_{mç}$) belirlenmiştir (Şekil 4.33). Elde edilen fotoğraflar incelendiğinde çatlakların mineralin içersinde olduğu kadar hamur ile mineral sınırında da geliştiği görülmektedir. Bu mikroçatlakların oluşumları farklı olaylar sonucunda gelişebilmektedir. Genel olarak bu tip çatlaklar tektonizma etkisi ile oluşmaktadır. Bunun dışında, ıslanma-kuruma ile donma-çözülme, bazalt gibi kayaların soğuma sırasında dış yüzeyinin önce soğuması ve ısıl bir derecelenme meydana getirmesi ve böylece tanesel parçalanmalara neden olması, plajiyoklas gibi minerallerin kırılganlıklarının diğer minerallere oranla daha kolay olması, mineral boyutu, kimyasal reaksiyonlar gibi olaylar mikroçatlakların gelişiminde etkilidir.

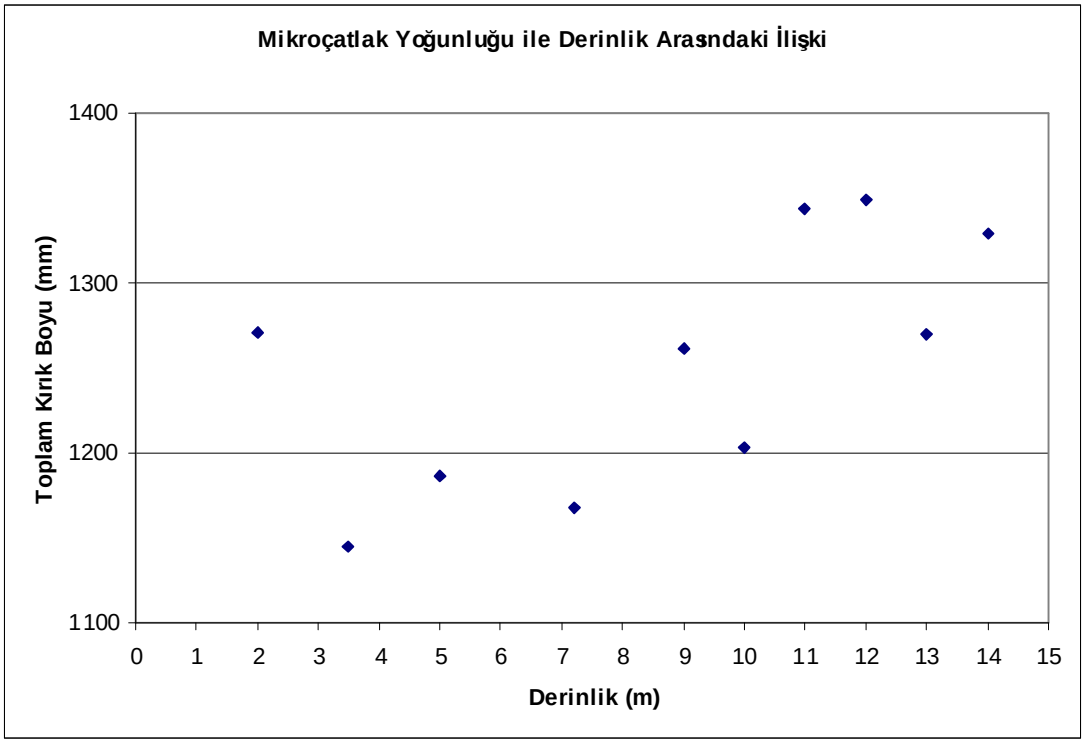


Şekil 4.33. Mikroçatlak uzunluklarının AutoCAD programında ölçülmesi.

Mikroçatlakların gelişimlerinin alanın tarihçesiyle ilişkili olduğu bilinmektedir. Çatlak yüzeyleri incelendiğinde yüzeylerin pürüzlü olduğu görülmektedir. Bu da çatlakların özellikle son dönemlerde oluştuğunu göstermektedir. Bu çatlakların birçoğunun gelişimi bölgedeki son dönem tektonizmasıyla meydana gelmiştir. Özellikle bazaltların yüzeylendiği alanlarda sondaj ile alınan örnekler ince kesit olarak incelendiğinde derine doğru gidildikçe mikroçatlakların arttığı görülmektedir. Farklı derinlik ve yapıda seçilen on örnek üzerinde yapılan analizde mikroçatlak sayısının masif yapıdaki bazaltlarda genelde derinlere doğru gittikçe arttığı belirlenmiştir. Gözenekli kayalarda da aynı durum söz konusudur (Şekil 4.34). Çatlaklar boyunca gelişen ayrışma yoğunluğu da derine doğru gidildikçe artmaktadır. Tuğrul (1995) yapmış olduğu petrografik araştırmalar sonucunda petrografik ayrışma indeksi ile mikroçatlak yoğunluğu arasında doğrusal bir ilişki bulmuştur.

$$r_{mç} = 3.7 I_{pa} + 2.4 \qquad r = 0.98 \qquad (4.3)$$

eşitliği ile ifade ettiği bu ilişkin korelasyon katsayısının yüksek olması nedeniyle ayrışma derecesinin belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmiştir. Bu çalışmada da bu şekilde bir ilişki bulunmaktadır.



Şekil 4.34. On farklı yapıdaki örnek üzerinde ölçülen mikroçatlak yoğunluğu ile derinlik arasındaki ilişki.

4.3.1.3.(4). Çalışma Alanındaki Bazaltların Ayrışma Derecesinin Jeokimyasal Özelliklere Göre Belirlenmesi

Kimyasal olaylar sonucunda meydana gelen ayrışma bazı elementlerin kayadan ayrılmasına neden olmaktadır. Bu olay ile kayanın kimyasal bileşimi değişmektedir. Farklı ayrışma derecesine sahip bazalt örnekleri üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçları ile ayrışma derecesi arasındaki ilişkiyi ortaya koyan birçok çalışma bulunmaktadır (Reiche, 1943; Ruxton, 1968; Parker, 1970; Vogt, 1927 –

Roaldset; 1972; Vogel, 1973; Nesbitt ve Young, 1982; Harnois, 1988). Önerilen bazı kimyasal indeks formülleri aşağıda verilmiştir.

- WPI (Ayrışma potansiyeli indeksi; Reiche, 1943)

$$WPI = \frac{[K_2O + Na_2O + CaO + MgO - H_2O]x100}{[SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + FeO + TiO_2 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O]} \quad (4.4)$$

- RO (Ruxton oranı; Roxton, 1968)

$$RO = \frac{SiO_2}{Al_2O_3} \quad (4.5)$$

- PI (Parker indeksi; Parker, 1970)

$$PI = \left[\frac{2Na_2O}{0.35} + \frac{MgO}{0.90} + \frac{2K_2O}{0.25} + \frac{CaO}{0.70}\right] \quad (4.6)$$

- VO (Vogt oranı; Vogt, 1927; Roaldset, 1972)

$$VO = \frac{Al_2O_3 + K_2O}{MgO + CaO + Na_2O} \quad (4.7)$$

- MWPI (Değiştirilmiş ayrışma potansiyeli indeksi; Vogel, 1973)

$$MWPI = \frac{[K_2O + Na_2O + CaO + MgO]x100}{[SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O]} \quad (4.8)$$

- CIA (Kimyasal alterasyon indeksi; Nesbitt ve Young, 1982)

$$CIA = \frac{Al_2O_3 x100}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O} \quad (4.9)$$

- CIW (Kimyasal ayrışma indeksi; Harnois, 1988)

$$CIW = \frac{Al_2O_3 x100}{Al_2O_3 + CaO + Na_2O} \quad (4.10)$$

İnceleme alanındaki bazik kayaların kimyasal bileşimdeki değişimlerin ayrışma ile olan ilişkisini ortaya koymak amacıyla farklı nokta ve derinliklerden alınan örnekler üzerinde kimyasal ayrışma indeksi değerleri farklı yöntemlere göre hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada, ayrışma potansiyeli indeksi (WPI)'nin güncel hali kullanıldığından, WPI'nin dışındaki beş yöntemin kullanılması daha uygun bulunmuştur (Çizelge 4.5).

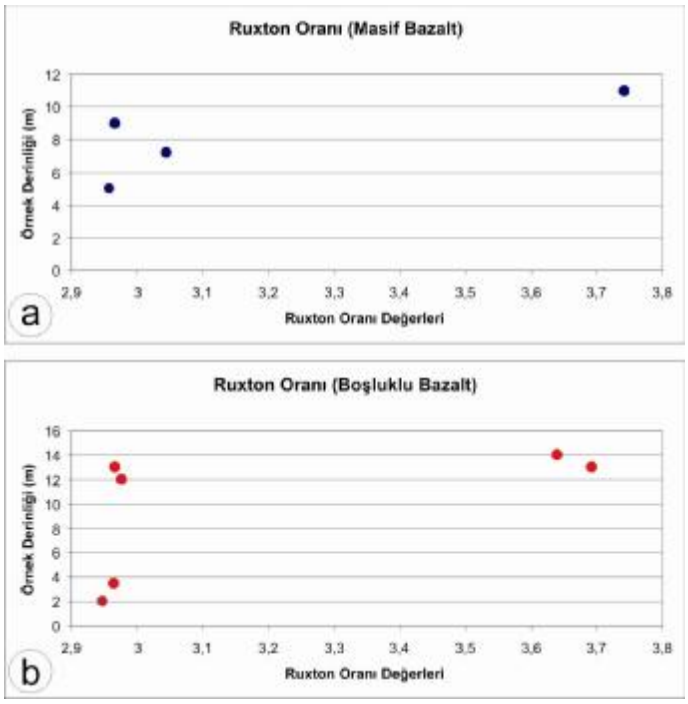
Önceki çalışmalardan elde edilen kabullerde genel olarak Ruxton oranı ve Parker indeksi taze kayada yüksek, kalıntı zeminde ise düşük olarak kabul edilmektedir (Tuğrul, 1995). Atmosferik koşullara bağlı olarak gerçekleşen ayrışmalarda ayrışmanın etkisinin derinlere doğru azalmakta olduğu bilinmektedir (Barnes, 1979). Bu çalışmada da, Ruxton oranı ve Parker indeksi değerleri incelendiğinde genel olarak derine doğru taze kayaya gidildikçe ayrışmanın azaldığı gözlenmektedir. Ancak çalışma alanında böylesi düzenli bir ayrışma gidişi düşeyde olduğu gibi yanal yayılımda gözlenmemektedir. Çalışmada farklı derinliklerden alınan örneklere ait derinlik-indeks değerlerine bakıldığında, bazaltların derinliğe bağlı doğrusal bir eğilim sunmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.35 - 4.40). Özellikle derinlere doğru gidildikçe bazı seviyelerde ortaya çıkan değer farkları bu seviyelerde ayrışmayı tetikleyici nedenlerin olabileceğini göstermektedir. Bu ayrışmaya derinden gelen çözeltiler veya yer altı suyunun neden olduğu düşünülmektedir.

Tuğrul (1995) farklı ayrışma derecesine sahip bazaltlar üzerinde yapmış olduğu çalışmasında, kimyasal alterasyon indeksi ile Parker indeksi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuştur. Bu çalışma kapsamında, verilerin doğruluğu açısından kimyasal alterasyon indeksi ile Parker indeksi arasındaki ilişki incelenmiş

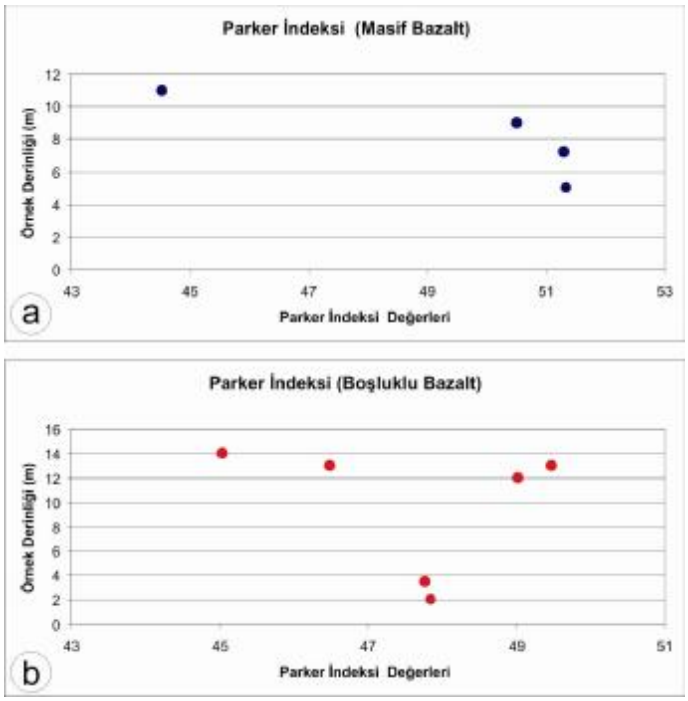
olup anlamlı bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Genel olarak kimyasal alterasyon indeksi ile kimyasal ayrışma indeksi ve Parker indeksi ile kimyasal alterasyon indeksi hariç diğer indeksler arasında doğrusal bir ilişki bulunmamaktadır (Şekil 4.41).

Çizelge 4.5. Çalışma alanından seçilmiş bazaltlara ait kimyasal indeks değerleri

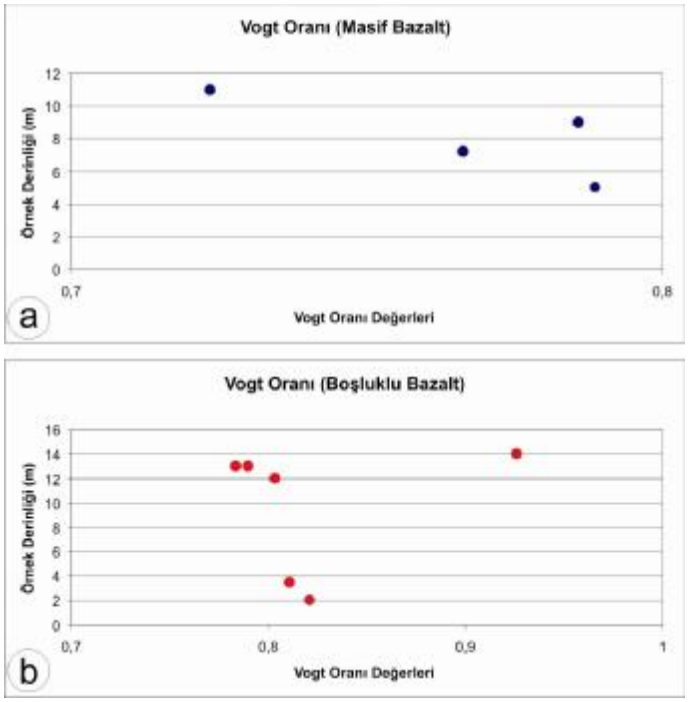
	Örnek No	Alındığı Derinlik (m)	RO	PI	VO	MWPI	CIA	CIW
Boşluklu	1	2	2.94	47.85	0.820	22.22	52.80	54.60
	3	10	2.97	49.02	0.803	22.56	52.61	54.52
	4	11	2.96	49.47	0.78	22.78	52.53	54.36
	7	13	3.69	46.48	0.783	20.93	53.96	56.31
	8	3.5	2.96	47.7	0.81	22.44	52.69	54.53
	10	14	3.63	45.04	0.92	18.73	53.29	55.50
Masif	2	9	2.96	50.50	0.78	22.89	52.05	53.89
	5	5	2.95	51.33	0.78	22.94	52.37	54.23
	6	12	3.74	44.5	0.72	21.53	53.91	55.71
	9	7.2	3.04	51.30	0.76	23.05	51.78	53.60



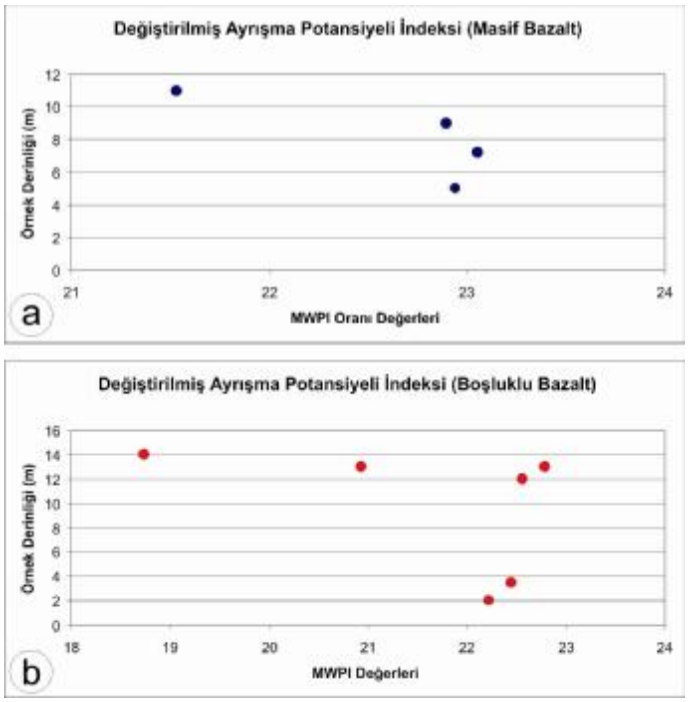
Şekil 4.35. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile Ruxton Oranı değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi.



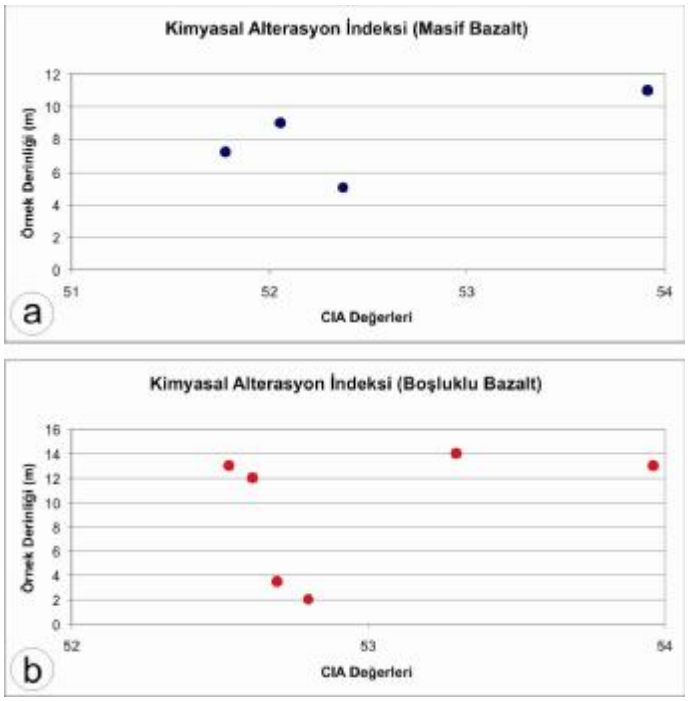
Şekil 4.36. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile Parker İndeksi değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi.



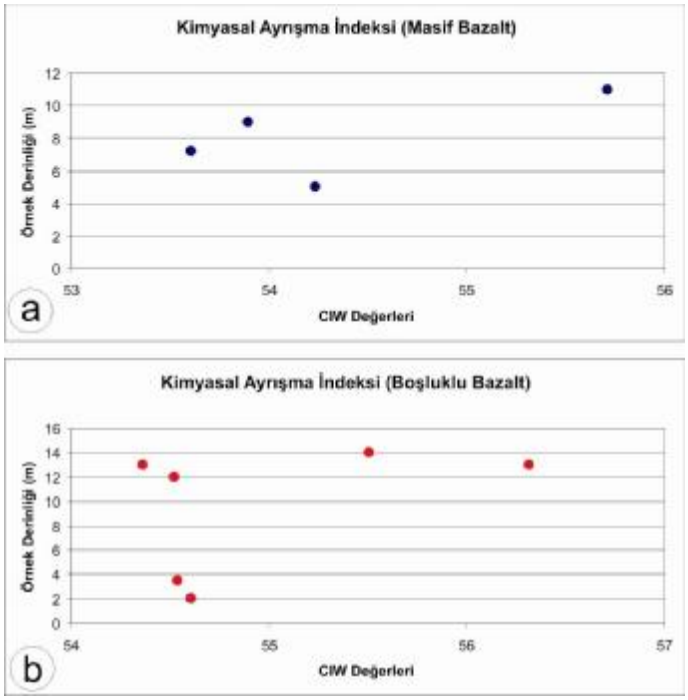
Şekil 4.37. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile Vogt Oranı değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi.



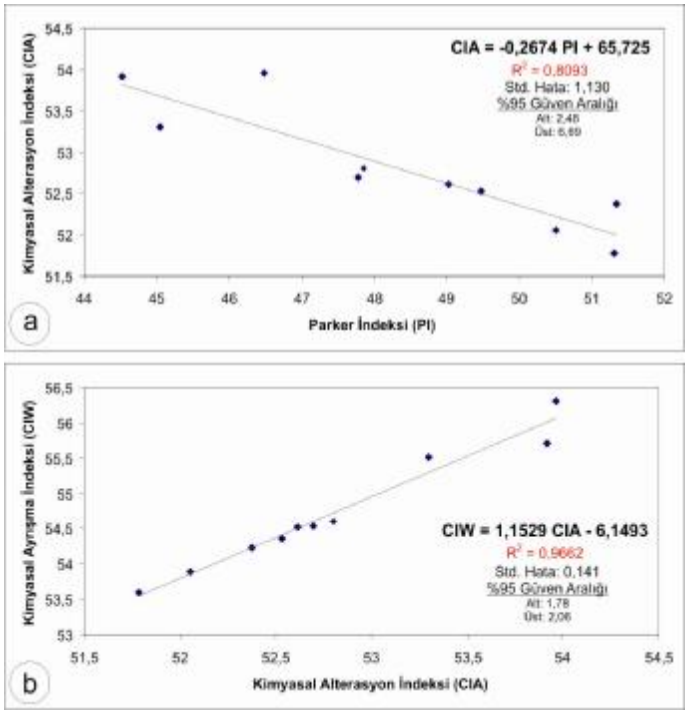
Şekil 4.38. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile MWPI değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi.



Şekil 4.39. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile CIA değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi.



Şekil 4.40. Çalışma alanından alınan örneklerin derinliği ile CIW (Kimyasal Ayrışma İndeksi) değerlerinin masif (a) ve boşluklu (b) bazaltlardaki değişimi.



Şekil 4.41. Bu çalışmada elde edilen, Parker indeksi ile Kimyasal alterasyon indeksi (a), Kimyasal alterasyon indeksi ile Kimyasal ayrışma indeksi (b) arasındaki ilişkiler.

Bazaltlardaki tüm ayrışma ölçütleri incelendiğinde ayrışmanın özellikle yüzeye yakın kesimlerde ve yaklaşık 10 m'den sonraki derinliklerde olduğu, ara kesimde ayrışma derecesinin az olduğu belirlenmiştir. Gerek yüzey sularının etkisinde olan yüzeye yakın kesimler, gerekse yer altı suyunun altındaki kesimler en fazla ayrışmanın gözlendiği seviyeler olarak belirlenmiştir. Özellikle boşluklu bazaltların bulunduğu seviyelerde ayrışma oranı diğer seviyelere göre daha yüksek çıkmıştır. Yapılan mikroskobik incelemelerde kaya içersindeki ayrışmanın minerallerin çatlakları veya mineral hamur dokanağında geliştiği gözlenmiştir. Ayrışma sonucu olivin mineralleri demirce zengin bir mineral olan kahvemsi-kırmızımsı renkli nontronit mineraline kısmen dönüşmektedir (bkz Şekil 4.28-4.29). Kayadaki bu mineralin oranının artmasıyla kayacın dayanımı azalacaktır (Çetin vd, 2000). Bu nedenle özellikle bu bölgede hidrolik yapılarda kullanılacak bazaltların yüzeysel alterasyondan ve yer altı suyunun ayrıştırma özelliğinden az etkilenmiş kesimlerden alınması gerekmektedir. Genelde bölgede inşa edilmiş önceki taş dolgu kıyı koruma yapıları yüzeyden alınan bazalt birimleri ile inşa edilmişlerdir. Bu nedenle mevcut limanlardaki yapısal hasarların incelenmesi ve kullanılan kayadaki mineralizasyonun ve ayrışmanın ortaya çıkarılması ileride ortaya çıkacak hasarların giderilmesi amacıyla gerekmektedir.

4.3.2. Çalışma Alanındaki Kireçtaşlarına Ait Bulgular

Çalışma alanında gözlemsel değerlendirmelere göre hidrolik yapılarda kullanılabilir özelliklere sahip bir diğer kaya gurubu karbonatlı kayalardır. Çalışma alanındaki kristalize kireçtaşları ile mikritik kireçtaşlarının fiziksel ve mekanik özellikleri standartlarda belirtilen sınırlarda değerlendirilerek hidrolik yapılarda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

4.3.2.1. Çalışma Alanındaki Kireçtaşlarının Petrografik Özellikleri

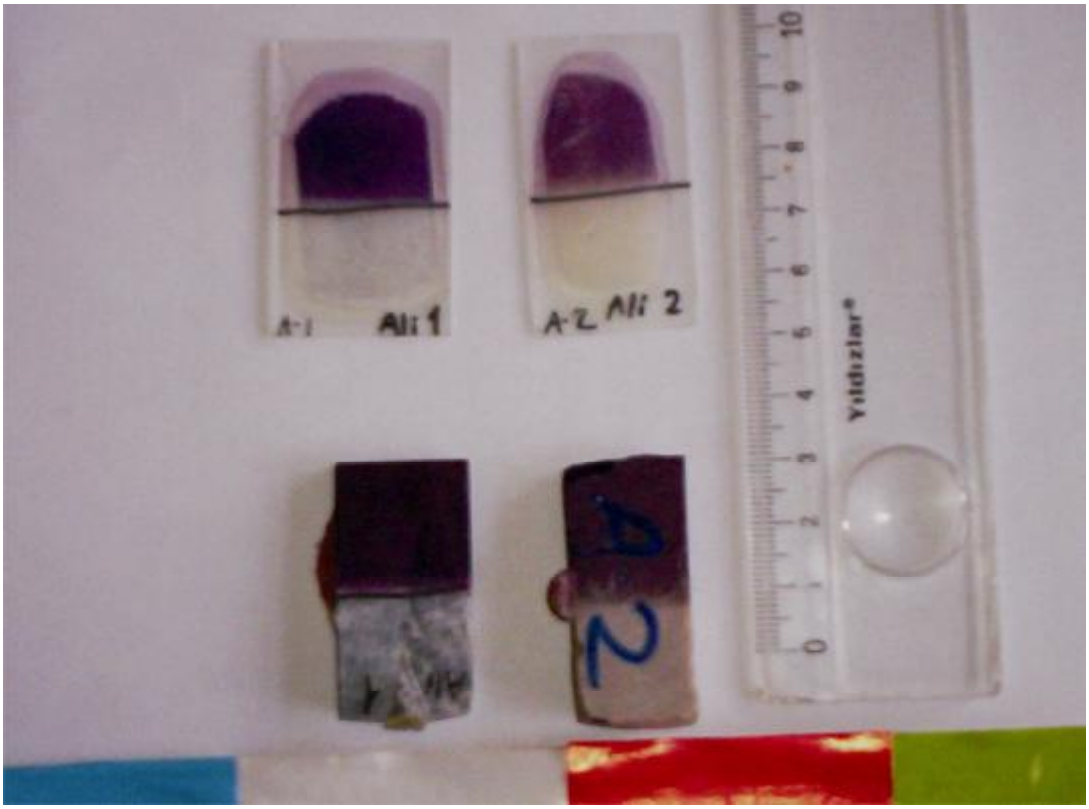
Çalışma alanında özellikle Misis Karmaşığı olarak adlandırılan kesimde bol miktarda olistolit kütleler şeklinde kireçtaşları yüzeylenmektedir. Litolojik olarak

farklılıklar gösteren kireçtaşlarından arazide el örneğinde genelde koyu gri renkli olarak gözlenen kristalize kireçtaşları ile sarımsı-beyaz renkli mikritik kireçtaşlarından örnekler alınarak bunlar üzerinde petrografik incelemeler yapılmıştır. Ayrıca, laboratuarda kalsit ve dolomit ayrımı için, Alizarin Red-S ve Potasyum Ferro Siyanür kullanılarak ince kesit ve çipslerde yapılan boyama testleri yeterli bulunmaktadır. Burada kalsit kırmızıya boyanırken, dolomit daha açık kırmızımsı renklere boyanmaktadır (Yetiş vd., 2006). Yapılan Alizarin Red-S testi sonucunda her iki örnekte kırmızı renk baskın olarak gözlenmiştir (Şekil 4.42). Çalışma kapsamında seçilen her iki örnekte de Alizarin Red-S testi sonucunda kalsit mineralinin hakim olduğu belirlenmiş olup, kayaların kireçtaşı olduğu tespit edilmiştir.

Karbonatlı kayaların mikroskobik incelemesinde de iki örneği oluşturan ana minerallerin kalsit olduğu belirlenmiştir. Yapılan mikroskobik tanımlamaya göre kireçtaşları kristalize ve mikritik olmak üzere iki başlık altında tanımlanmıştır.

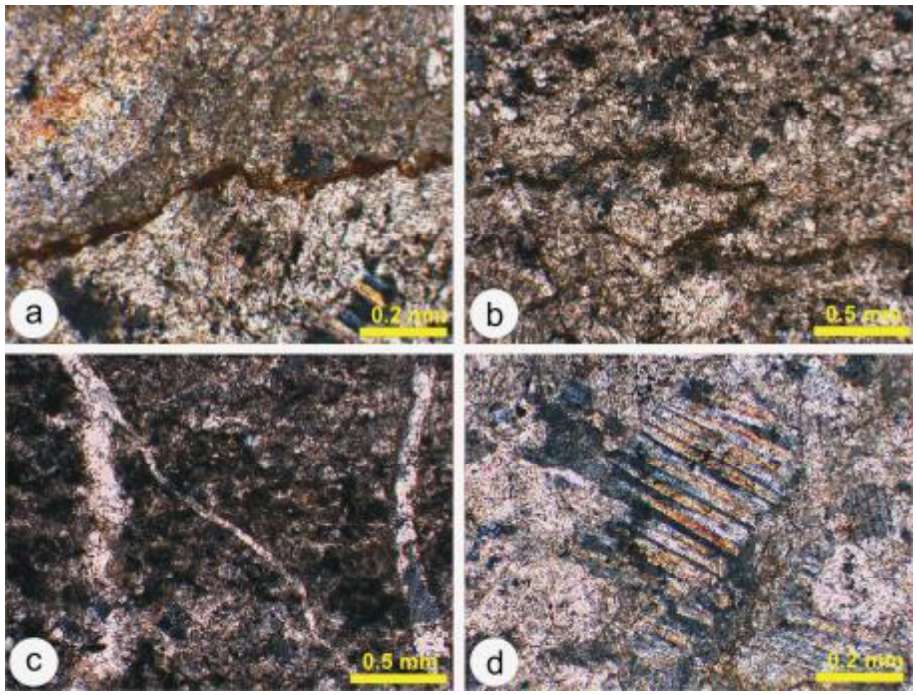
Kristalize Kireçtaşı: El örneğinde koyu gri renkte gözlenen kireçtaşından yapılan ince kesitler incelendiğinde; kayacın başlıca orta-kaba kristalen, belirgin ikizlenmeli kalsitlerden oluştuğu gözlenmiştir. Yer yer kataklastik yapılıdır. İki yönde gelişmiş ince-orta kalınlıktaki kırıklar spari kalsit dolguludur. Kimi yerlerde bu kırıkların kalsit dolgusu demirli killi maddeler ile kahvemsi renge boyanmıştır. Bazı kesimlerde ise kırıkların tamamıyla doldurulmayıp ardalanmalı, seyrek gözenek oluşturduğu gözlenmiştir. Ayrıca, gömülme koşulları altındaki kayalarda, basınç nedeniyle meydana gelen stilolit oluşumları da seyrek olarak gözlenmektedir. Bu erime boşlukları demirli killi dolgusu nedeniyle açık kahvemsi renkli görülmektedir. Kayada yaklaşık %2 dolayında muhtemelen Fe'li opak mineral bulunmaktadır. Alizarin Red-S ile yapılan boyamada dolomit mineraline rastlanmamıştır (Şekil 4.43).

Özellikle kaya içerisinde gözlenen stilolit oluşumları ve bu oluşum içerisindeki dolgunun türü ve kalınlığı kayanın mekanik değiştirgelerini olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenle, malzeme olarak kullanılması halinde bu kayacın ince kesitlerinin yaptırılarak sürekli malzeme ocağından alınacak malzemenin kontrolü yapılmalıdır.

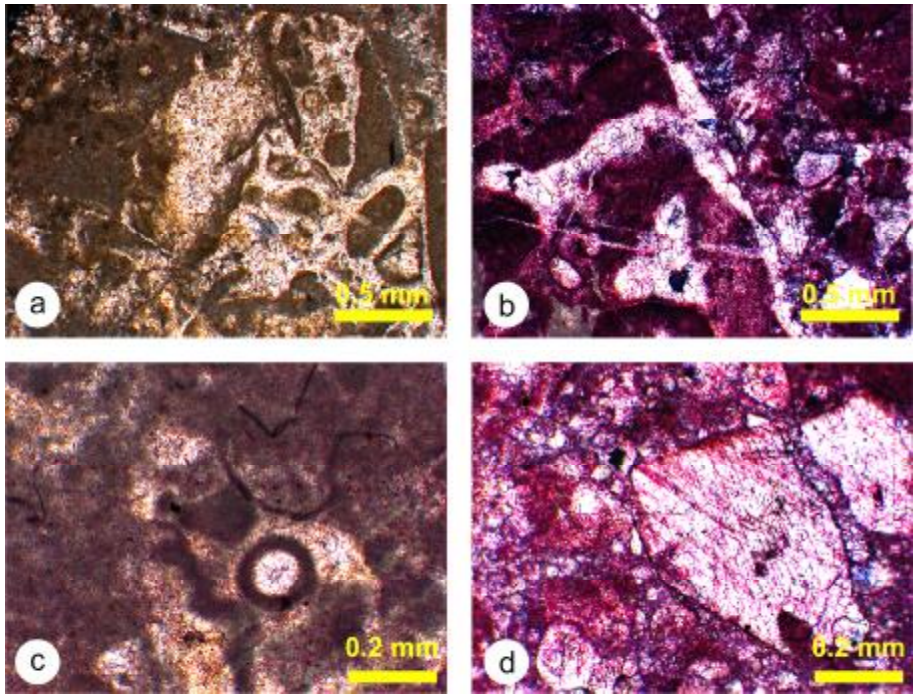


Şekil 4.42. Alizarin Red-S uygulanan ince kesit (a) ve çipslerde (b) gözlenen renk değişimi.

Mikritik Kireçtaşı: El örneğinde sarımsı renkte gözlenen kireçtaşından yapılan ince kesitler incelendiğinde; kayacın fosilli, karbonat iskeletli parçaların etrafında bulunan, koyu renkli, ince taneli mikrit zarfından oluştuğu gözlenmiştir. İki yönde belirgin gelişmiş kırıklar ile erime sonucu gelişen boşluklar spari kalsit dolguludur. Kimi yerlerde bu kırıkların kalsit dolgusu demirli killi maddeler ile kahvemsi renge boyanmıştır. Kalsit mineralleri belirgin ikizlenme göstermektedir. Kayada Fe'li opak mineral kümelenmeleri bulunmaktadır. Alizarin Red-S ile yapılan boyamada dolomit mineraline rastlanmamıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.43. Kristalin kireçtaşlarında ince kesitte gözlenen stilolit (a-b) ve spari kalsit dolgusu (c) ile kalsit mineralinde görülen ikizlenmeye (d) ait görüntüler.



Şekil 4.44. Mikritik kireçtaşlarında ince kesitte gözlenen intraklastlı mikritik yapı (a), spari kalsit dolgusu (b), fosil (c) ve kalsit mineralinde görülen ikizlenmeye (d) ait görüntüler.

4.4. Çalışma Alanındaki Bazaltların ve Kireçtaşlarının Jeomekanik Özellikleri

Çalışma alanında gözlemsel veriler açısından kullanılabilirliği belirlenen bazik birimlerin boşluklu ve masif seviyeleri ile kristalize ve mikritik kireçtaşları üzerinde fiziksel ve mekanik deneylere ait değişimler incelenmiştir. Deneyler için silindirik, küresele yakın ve köşeli olarak farklı boyutlarda hazırlanan benzer yapıdaki örnekler seçilerek kuru, normal su ve deniz suyuna doygun haldeki mekanik özellikleri belirlenmiştir. Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla kullanılan silindirik örnekler NX tip karotiyer kullanılarak alınmış ve standartlarda belirtilen çap/boy oranına göre kesilerek hazırlanmıştır. Suda dağılmaya karşı duraylılık deneyinde kullanılacak örnekler ise her biri 40-60 gr olan ve sivri köşeleri yuvarlaklaştırılmış şekilde hazırlanmıştır. Aşınma deneylerinde kullanılacak farklı boyutlardaki agregalarda kırıcıda boyutları küçültüldükten sonra istenilen boyutlarda eleklerden geçirilerek deney için hazırlanmıştır. Deneylerde ISRM (1981), BS EN 932-3 (1997), ASTM (1989, 1990, 1992, 2003), TS 699, TS EN 933-9 (2001), TS EN 1367-1 (2001) standartları kullanılmıştır ve sonuçlar Anon (1977-1979), ISRM (1981) ve CIRIA/CUR (1991)'de belirlenen sınırlar ile karşılaştırılmıştır.

4.4.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Mekanik deneyler için hazırlanan 57 adet bazalt ve 15 adet kireçtaşına ait silindirik örnek üzerinde kuru birim hacim ağırlık ve doygun birim hacim ağırlık değerleri ISRM (1981)'de belirtilen şekilde yapılmış ve hesaplanmıştır. Masif bazalt örneklerine ait ortalama kuru birim hacim ağırlık değeri 26.26 kN/m^3, ortalama doygun birim hacim ağırlık değeri 26.56 kN/m^3 olarak bulunmuştur. Boşluklu bazaltlarda ise ortalama kuru birim hacim ağırlık değeri 22.91 kN/m^3, ortalama doygun birim hacim ağırlık değeri 23.31 kN/m^3 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Buna göre masif bazaltın birim hacim ağırlık değerinin boşluklu bazalta oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. CIRIA (2007)'e göre masif özellikteki bazaltlarn kaya kalitesi iyi özellik gösterirken, boşluklu bazaltlarda ise elde edilen kalite değerleri zayıf çıkmaktadır.

Çizelge 4.6. Masif ve boşluklu bazaltlara ait birim hacim ağırlık değerleri

Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Birim hacim ağırlık için kalite sınıflaması (CIRIA, 2007)
Kuru Masif bazalta ait	27.40	23.71	26.26	0.63	0.09 (n=47)	İyi
Doygun Masif bazalta ait	27.62	24.11	26.56	0.58	0.08 (n=47)	İyi
Kuru Boşluklu bazalta ait	25.31	21.38	22.91	1.28	0.33 (n=15)	Zayıf
Doygun Boşluklu bazalta ait	25.53	21.84	23.31	1.21	0.31 (n=15)	Zayıf

Kristalize kireçtaşı örneklerine ait ortalama kuru birim hacim ağırlık değeri 25.80 kN/m^3, ortalama doygun birim hacim ağırlık değeri ise 25.87 kN/m^3, mikritik kireçtaşının ise ortalama kuru birim hacim ağırlık değeri 26.05 kN/m^3, ortalama doygun birim hacim ağırlık değeri 26.10 kN/m^3 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). Buna göre kristalize kireçtaşının birim hacim ağırlık değerinin mikritik kireçtaşına oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. CIRIA (2007)'e göre mikritik kireçtaşının kaya kalitesi iyi özellik gösterirken, kristalize kireçtaşında ise elde edilen kalite değerleri orta çıkmaktadır.

4.4.2. Gözeneklilik Deneyi

Mekanik deneyler için hazırlanan 57 adet bazalt ve 15 adet kireçtaşına ait silindirik örnekler üzerinde gözeneklilik değerleri de hesaplanmıştır. Masif bazaltlara ait ortalama gözeneklilik değeri %3.10 boşluklu bazaltlarda ise ortalama gözeneklilik değeri %4.07 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.8). CIRIA (2007)'e göre masif özellikteki ve boşluklu bazaltların kaya kalitesi iyi çıkmaktadır.

Çizelge 4.7. Kristalize ve mikritik kireçtaşlarına ait birim hacim ağırlık değerleri

Birim Hacim Ağırlığı (kN/m^3)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Birim hacim ağırlık için kalite sınıflaması (CIRIA, 2007)
Kuru Kristalize kireçtaşı	26.14	25.07	25.80	0.31	0.08 (n=15)	Orta
Doygun Kristalize kireçtaşı	26.21	25.17	25.87	0.30	0.08 (n=15)	Orta
Kuru Mikritik kireçtaşı	26.31	25.62	26.05	0.19	0.05 (n=15)	İyi
Doygun Mikritik kireçtaşı	26.34	25.70	26.10	0.17	0.04 (n=15)	İyi

Çizelge 4.8. Masif ve boşluklu bazaltlara ait gözeneklilik değerleri

Gözeneklilik değeri (%)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Efektif porozite için kalite sınıflaması (CIRIA, 2007)
Masif bazaltlara ait	4.51	1.75	3.10	0.72	0.10 (n=49)	İyi
Boşluklu bazaltlara ait	6.98	2.24	4.07	1.18	0.30 (n=15)	İyi

Kristalize ve mikritik kireçtaşlarında ise ortalama gözeneklilik değeri sırasıyla % 0.36 – 0.55 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9). CIRIA (2007)'e göre her iki kireçtaşının da kaya kalitesi mükemmel çıkmaktadır.

4.4.3. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi

Yapılan deney ve hesaplamalar sonucunda dört kayaca ait ağırlıkça ve hacimce su emme oranları belirlenmiştir. Masif bazalt, boşluklu bazalt, kristalize kireçtaşı ve mikritik kireçtaşında sırasıyla ortalama ağırlıkça su emme oranı % 1.17, 1.76, 0.26, 0.21 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10). Bu kayalarda ortalama hacimce su emme oranları ise sırasıyla % 3.12, 4.07, 0.69, 0.55 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.11). Bu değerlere bakıldığında kireçtaşlarının ağırlıkça ve hacimce su emme değerlerinin bazaltlara oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Lienhart (1998)'e göre yapılan kaya kalite değerlendirmesine göre de kireçtaşları su emme değerlerine göre mükemmel, bazaltlar ise iyi kalitededir.

Çizelge 4.9. Kristalize ve mikritik kireçtaşlarına ait gözeneklilik değerleri

Gözeneklilik değeri (%)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Efektif porozite için kalite sınıflaması (CIRIA, 2007)
Kristalize kireçtaşına ait	1.26	0.36	0.69	0.26	0.07 (n=15)	Mükemmel
Mikritik kireçtaşına ait	1.50	0.19	0.55	0.37	0.09 (n=15)	Mükemmel

Çizelge 4.10. Bazalt ve kireçtaşlarına ait ağırlıkça su emme değerleri

Ağırlıkça su emme değeri (%)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Masif bazalta ait	1.73	0.66	1.17	0.29	0.04 (n=49)
Boşluklu bazalta ait	2.31	0.87	1.76	0.57	0.15 (n=15)

Çizelge 4.10. Devamı

Ağırlıkça su emme değeri (%)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Kristalize kireçtaşına ait	0.48	0.13	0.26	0.10	0.03 (n=15)
Mikritik kireçtaşına ait	0.57	0.07	0.21	0.14	0.04 (n=15)

Çizelge 4.11. Dört kayaca ait hacimce su emme değerleri

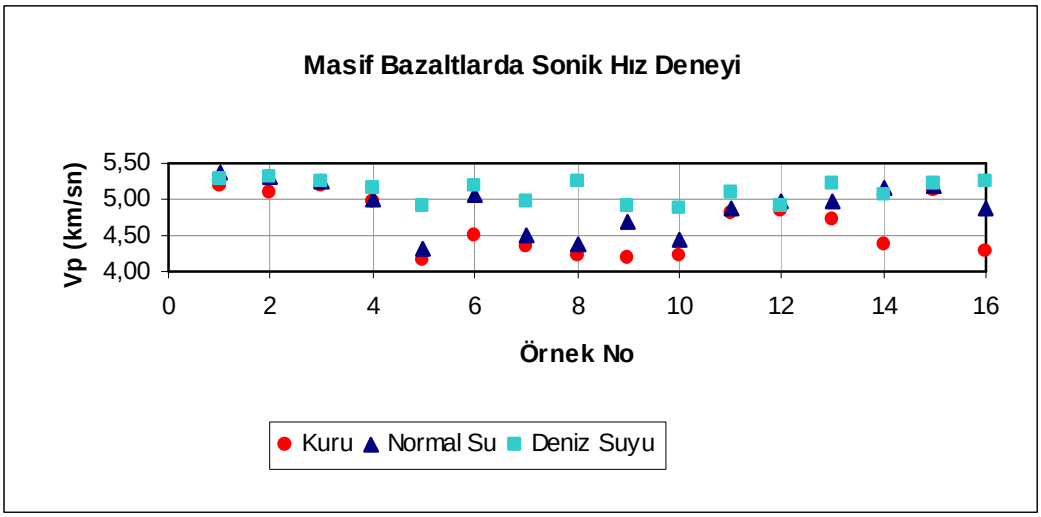
Hacimce su emme değeri (%)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata
Masif bazalta ait	4.51	1.75	3.12	0.71	0.10 (n=49)
Boşluklu bazalta ait	6.98	2.24	4.07	1.18	0.30 (n=15)
Kristalize kireçtaşına ait	1.26	0.36	0.69	0.26	0.07 (n=15)
Mikritik kireçtaşına ait	1.50	0.19	0.55	0.37	0.09 (n=15)

4.4.4. Sonik Hız Deneyi

Sonik hız deneyi bir kayada elastik dalgaların yayılmasının belirlendiği yöntemidir. Bu yöntem ile kaya malzemesine ait gözeneklilik ve gözle görülmeyen çatlaklar hakkında da bilgi edinilmektedir. Sonik hız deneyleri ISRM (1981)'de belirtilen standartlara göre, örneklerin kuru, normal su ve deniz suyuna doygun hallerinde ayrı ayrı yapılmıştır. Bu deney için benzer özellikteki örnekler üç sınıfa ayrılmış ve deney aşamasında silindirik örnek kullanılmıştır. Deniz suyu ve normal suyun etkisinin görülebilmesi amacıyla örnekler yaklaşık üç ay süresince su içerside tutulmuştur. Yapılan deney ve hesaplamalar sonucunda masif bazalt, boşluklu bazalt, kristalize kireçtaşı ve mikritik kireçtaşına ait ortalama sıkışma dalgası hızı (V_p)

değerleri belirlenmiştir. Bu dört kayaca ait ortalama sıkışma dalgası hızları (V_p) değerleri sırasıyla kuru örneklerde 4.79 km/sn, 4,86 km/sn, 6.03 km/sn ve 6.18 km/sn olarak belirlenmiştir. Normal suya doyurulmuş örneklerde sıkışma dalgası hızları (V_p) sırasıyla 4.92 km/sn, 5.13 km/sn, 6.04 km/sn ve 6.22 km/sn olarak bulunmuştur. Deniz suyuna doyurulmuş örneklerde ise sıkışma dalgası hızları (V_p) sırasıyla 5.11 km/sn, 5.00 km/sn, 6.11 km/sn ve 6.45 km/sn olarak bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Genel olarak bakıldığında, deniz suyuna doyurulmuş örneklerde dalga hızının yüksek değerler verdiği belirlenmiştir (Şekil 4.45). Bunun nedeninin tuzlu suyun iletkenliği olduğu düşünülmektedir. Bundan dolayı bu gibi araştırmalarda, doygun örneklerde sıkışma dalgası hızı (V_p) hesaplanırken deniz suyuna doygun örneklerin kullanılması yanlış yorumlamalara neden olacağından bu çalışmada önerilmemektedir.



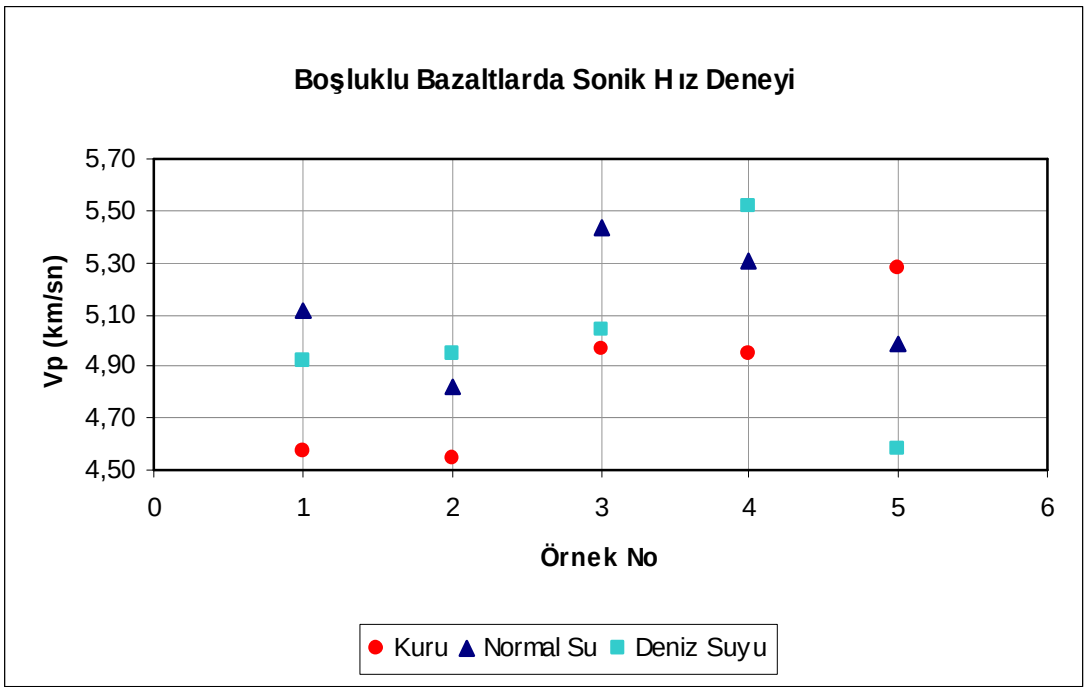
Şekil 4.45. Masif bazaltlarda üç farklı koşulda ölçülen sıkışma dalga hızı (V_p) değerleri.

Genel olarak, suya doygun kayaların sıkışma dalgası hızı (V_p) değerleri kuru halde deneye tabi tutulan kayalardan daha yüksek çıkmaktadır (Teymen, 2005). Bu özellik masif bazalt örneklerde genelde elde edilirken (bkz. Şekil 4.45) boşluklu bazaltlarda gözlenmemektedir (Şekil 4.46). Bunun en önemli nedeni boşluklu bazaltlar içersinde yer alan yer alan farklı boyutlardaki gözeneklerdir. Gözenekli örneklerde sonik hız değerlerinin diğer örneklerde gözlenen düzende çıkmaması nedeniyle bu tip örneklerde bu deneyin kullanımının uygun olmadığı

düşünülmektedir. Kireçtaşlarında suya doygun örneklerin sonik hız değerleri kuru haldeki örneklerden daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Seçilen farklı kayaca ait sıkışma dalga hızı (V_p) deneyine ait değerler

	(V_p, km/sn)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Mühendislik sınıflaması (Anon, 1979)
Masif bazalt	Kuru örnek	5.28	4.15	4.79	0.37	0.09 (n=16)	İyi
	Normal suya doyurulmuş örnek	5.37	4.30	4.92	0.42	0.08 (n=16)	İyi
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	5.30	4.88	5.11	0.16	0.04 (n=16)	İyi
Boşluklu bazalt	Kuru örnek	5.28	4.55	4,86	0.31	0.14 (n=5)	İyi
	Normal suya doyurulmuş örnek	5.43	4.82	5.13	0.24	0.11 (n=5)	İyi
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	5.51	4.58	5.00	0.34	0.15 (n=5)	İyi
Kristalize kireçtaşı	Kuru örnek	6.35	5.78	6.03	0.22	0.10 (n=5)	Mükemmel
	Normal suya doyurulmuş örnek	6.18	5.84	6.04	0.16	0.07 (n=5)	Mükemmel
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	6.29	5.87	6.11	0.15	0.07 (n=5)	Mükemmel
Mikritik kireçtaşı	Kuru örnek	6.37	5.63	6.18	0.31	0.14 (n=5)	Mükemmel
	Normal suya doyurulmuş örnek	6.28	6.13	6.22	0.07	0.03 (n=5)	Mükemmel
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	6.50	6.33	6.45	0.07	0.03 (n=5)	Mükemmel



Şekil 4.46. Boşluklu bazaltlarda üç farklı koşulda ölçülen sıkışma dalga hızı (V_p) değerleri.

4.4.5. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deneyi

Bozunmamış bir kayanın yenilmeden önce karşı koyabildiği en büyük kuvvet olan tek eksenli basma dayanımı deneyi silindirik veya kübik örnekler üzerine uygulanmaktadır. Bu çalışmada yapılan deneyler ISRM (1981)'de belirtilen standartlara uygun yapılmıştır. Çalışmada boyu çapının yaklaşık 2-3 katı olan silindirik örnekler kullanılmıştır. Örnekler kuru, normal suya doygun ve deniz suyuna doygun olmak üzere üç halde deneye tabi tutulmuştur. Mekanik deneylerin en önemlisi olan bu deney kayanın kuru ve suya doygun koşullardaki dayanım özelliklerinin değişiminin belirlenmesi açısından önemlidir. Bu konudaki önceki çalışmalar incelendiğinde genelde örnekler kuru ve musluk suyuna doygun halde deneye tabi tutulmuşlardır. Bu çalışmada bunlardan farklı olarak deniz suyunun etkisinin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda örnekler üç ay boyunca deniz suyunda bekletilmiştir. Alt ve üst yüzeyleri düzeltilen örnekler farklı hızlarda, yaklaşık kırılma süresi 7-8 dakika olacak şekilde ve 60-90 kg/sn arasında

yükler uygulanarak kırılmıştır. Örnek kırılma hızı boşluklu bazaltlarda diğer üç kaya grubuna göre boşluklarından dolayı daha düşük uygulanmıştır.

Her bir faz için seçilen silindirik örneklere ait tek eksenli basma dayanımı değerleri belirlenmiştir. Masif bazaltlarda, ortalama tek eksenli basma dayanımı değeri, kuru örneklerde 120.03 MPa, normal suya doygun örneklerde 104.96 MPa ve deniz suyuna doygun örneklerde 108.22 MPa, boşluklu bazaltlarda ise, ortalama tek eksenli basma dayanımı değeri, kuru örneklerde 73.86 MPa, normal suya doygun örneklerde 72.05 MPa ve deniz suyuna doygun örneklerde 70.10 MPa olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.13).

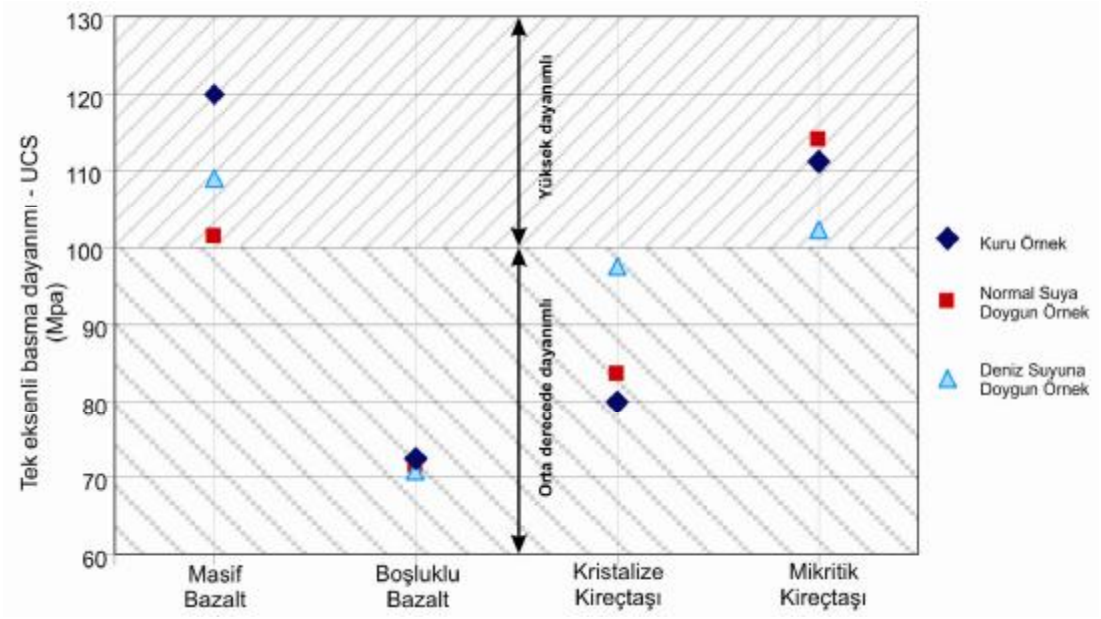
Kristalize kireçtaşlarında, ortalama tek eksenli basma dayanımı değeri, kuru örneklerde 89.91 MPa, normal suya doygun örneklerde 79.60 MPa ve deniz suyuna doygun örneklerde 95.50 MPa, mikritik kireçtaşlarında ise, ortalama tek eksenli basma dayanımı değeri, kuru örneklerde 111.21 MPa, normal suya doygun örneklerde 108.25 MPa ve deniz suyuna doygun örneklerde 102.32 MPa olarak belirlenmiştir (bkz Çizelge 4.13).

Tek eksenli basma dayanımı değerlerine göre masif bazaltlar ve mikritik kireçtaşları her üç koşulda da Deere (1964)'e göre "yüksek dayanımlı", boşluklu bazaltlar ve kristalize kireçtaşları ise tüm koşullarda "orta derecede dayanımlı" olarak belirlenmişlerdir (Şekil 4.47).

Genelde kayalar kuru koşullarda suya doygun hallerinden daha yüksek dayanım gösterirler. Üç koşulda yapılan tek eksenli basma dayanımı deneyi sonucunda bu koşul masif bazaltlarda sağlanırken diğer kayalarda gözlenmemiştir. Bunun nedeninin kaya içersinde gözlenen ayrışma zonları ve boşluklu yapılar olduğu söylenebilir (Şekil 4.48). Masif bazaltta ve mikritik kireçtaşında, kayaların genelde homojen yapıda olmasından dolayı, tek eksenli basma dayanımı deneyi sonucunda daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.13. Seçilen dört farklı kayaca ait tek eksenli basma dayanımı deney sonuçları

	Tek eksenli basma dayanımı (MPa)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Mühendislik sınıflaması (Deere, 1964)
Masif bazalt	Kuru örnek	149.80	96.62	120.03	13.08	3.27 (n=16)	Yüksek dayanımlı
	Normal suya doyurulmuş örnek	138.82	77.25	104.96	15.47	3.87 (n=16)	Yüksek dayanımlı
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	160.86	53.32	108.22	27.05	6.76 (n=16)	Yüksek dayanımlı
Boşluklu bazalt	Kuru örnek	103.30	52.11	73.86	19.68	8.80 (n=5)	Orta derecede dayanımlı
	Normal suya doyurulmuş örnek	89.14	55.48	72.05	15.10	6.75 (n=5)	Orta derecede dayanımlı
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	89.70	48.56	70.10	16.81	7.52 (n=5)	Orta derecede dayanımlı
Kristalize kireçtaşı	Kuru örnek	124.54	62.66	89.91	22.97	10.27 (n=5)	Orta derecede dayanımlı
	Normal suya doyurulmuş örnek	110.71	40.83	79.60	31.81	14.23 (n=5)	Orta derecede dayanımlı
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	118.18	81.11	95.50	14.43	6.45 (n=5)	Orta derecede dayanımlı
Mikritik kireçtaşı	Kuru örnek	130.20	67.57	111.21	25.39	11.36 (n=5)	Yüksek dayanımlı
	Normal suya doyurulmuş örnek	115.15	98.12	108.25	7.15	3.20 (n=5)	Yüksek dayanımlı
	Deniz suyuna doyurulmuş örnek	121.22	72.56	102.32	23.38	10.46 (n=5)	Yüksek dayanımlı

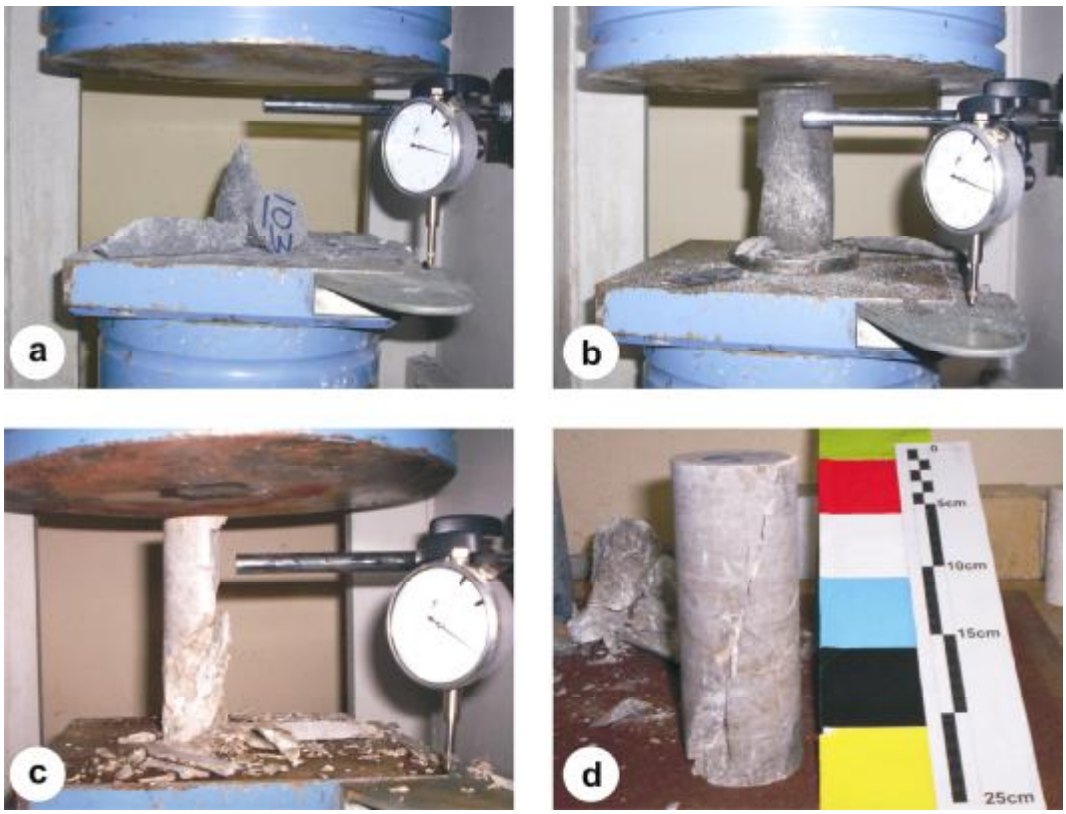


Şekil 4.47. Üç farklı halde kayalarda bulunan ortalama tek eksenli basma dayanımı değerleri.



Şekil 4.48. Tek eksenli basma dayanımı sonuçlarının boşluklu bazalt (a) ve kristalize kireçtaşında (b) düşük değerler vermesine neden olan ayrışma ve boşluk yapısına ait görüntü.

Ayrıca, örneklerin doygunluk dereceleri de kırılma koşullarını etkilemektedir. Kuru halde deneye tabi tutulan örneklerde kırılma tipi genelde, bir düzlem boyunca kırık yüzeyinin görüldüğü şekilde gelişmemektedir (Şekil 4.49). Örneğin içyapısında suyun ortaya çıkardığı farklılık kırılma şekillerini değiştirdiği gibi basma dayanımı değerlerini de değiştirmektedir.

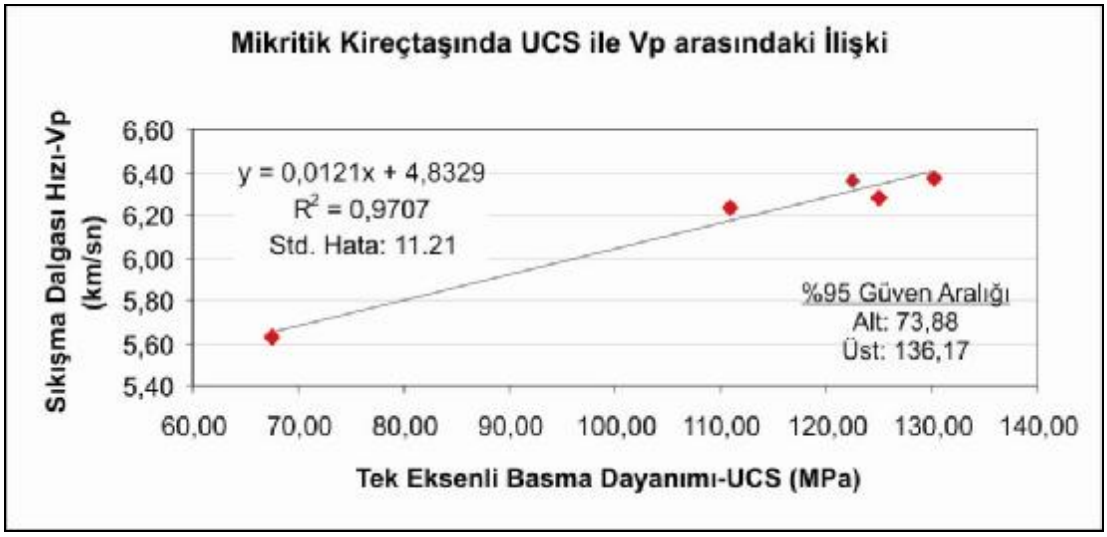


Şekil 4.49. Bazalt ve kireçtaşlarında kuru (a-c) ve doygun (b-d) haldeki örneklere ait kırılma şekilleri.

Örneklerin deniz suyuna doygun, normal suya doygun ve kuru halleri arasındaki değişimler dört kaya grubunda farklı şekillerde gelişmiştir. Özellikle deniz suyuna doygun örnekler ile kuru koşullarda kırılan örnekler arasında beklenen fark bu çalışmada belirgin birşekilde elde edilememiştir. Bunu nedeni olarak, örneklerin içyapısındaki boşluk ve ayrışma düzlemleri gibi farklılıkların yanı sıra bu örneklerin deniz suyunda bekletilme sürelerinin kısalığının yarattığı etkinin olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle üç ay gibi kısa bir dönem içersinde örnekleri deniz suyuna doyurmanın kayanın özelliklerini çok fazla değiştirmediği belirlenmiştir.

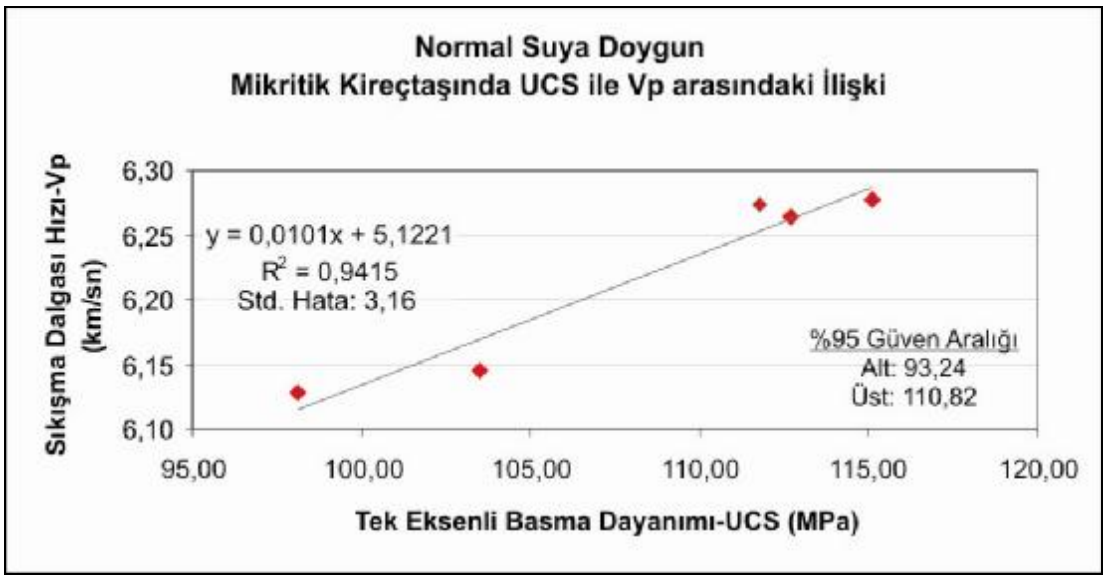
Deniz suyu koşullarının malzeme üzerindeki uzun dönem etkisini ortaya koymak amacıyla, homojen örnekler üzerinde, deney başka bir çalışmada ortaya konmalıdır.

Tek eksenli basma dayanımı deney sonuçlarının diğer deney sonuçları ile uyumluluklarını belirlemek amacıyla silindirik örneklere ait sonik hız değerleri ile arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Genelde tek eksenli basma dayanımı değeri artarken sonik hız değerinin arttığı görülmektedir. Kireçtaşlarında özellikle kuru (Şekil 4.50) ve normal suya doygun (Şekil 4.51) örnekler yüksek korelasyon değerleri verirken deniz suyuna doygun örnekler nispeten daha düşük çıkmaktadır (Şekil 4.52). Bunun nedeni, tuzlu suyun V_p hızına olan etkisidir. Bilindiği gibi tuzlu suyun iletkenliği normal suya oranla daha yüksektir. Örneklere ait V_p hızları karşılaştırıldığında bu fark açık bir şekilde görülmektedir (bkz Şekil 4.45-4.46).

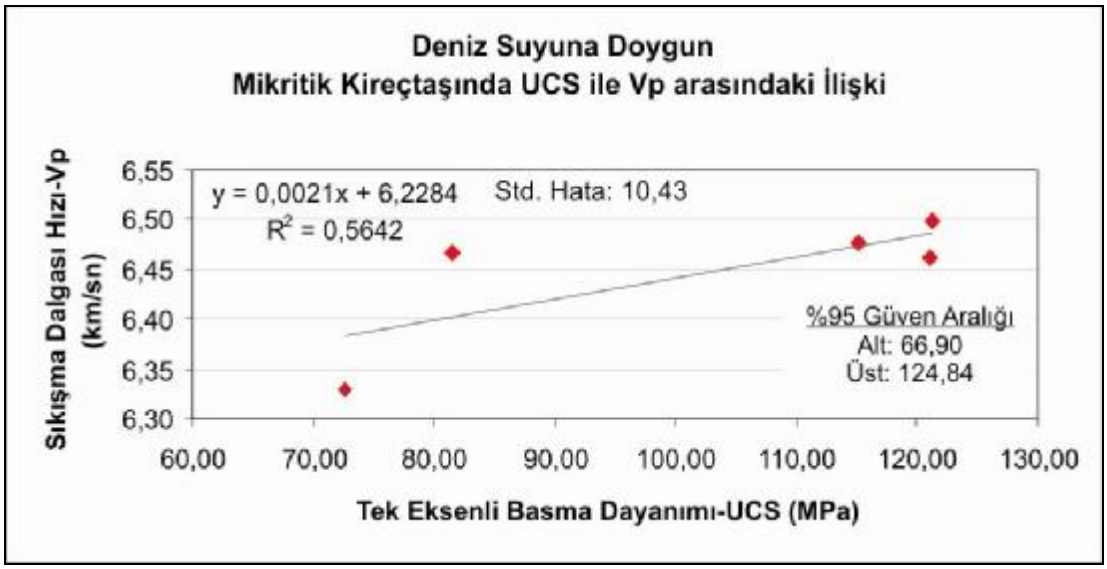


Şekil 4.50. Kuru koşuldaki mikritik kireçtaşında UCS ile V_p arasındaki ilişki.

Masif ve boşluklu bazaltlarda ise elde edilen korelasyon katsayısı değerleri kireçtaşlarında elde edilen değerlere oranla düşük çıkmıştır (Şekil 4.53-4.58). Bunun en önemli nedeni ise bazaltların içersindeki gaz boşluklu kısımların deney sonuçlarını etkilemesidir. Bu nedenle bazaltlarda değerler arasında anlamlı ilişkiler bulunamamıştır.



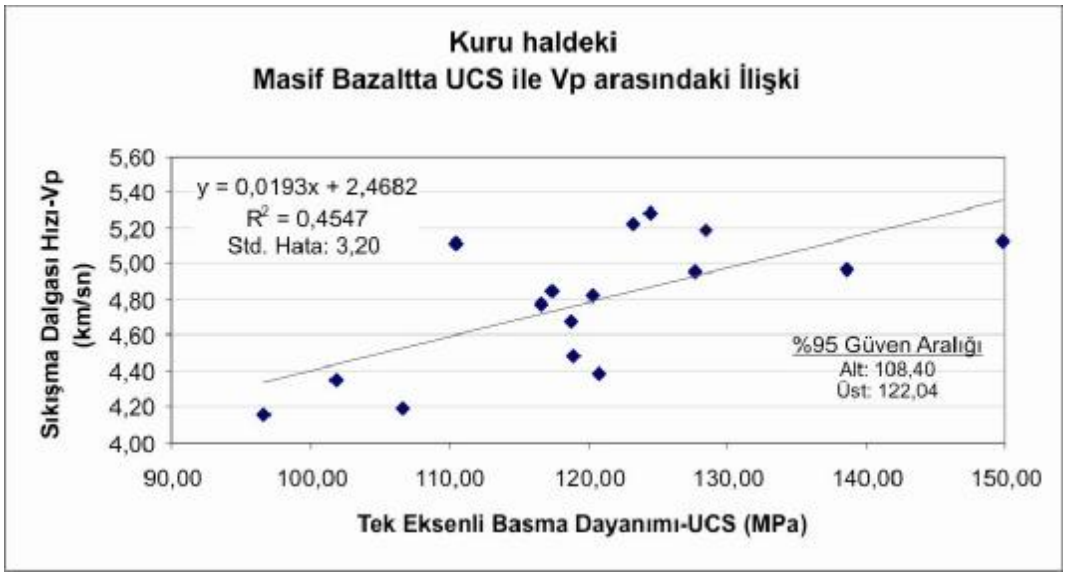
Şekil 4.51. Normal suya doygun koşuldaki mikritik kireçtaşında UCS ile V_p arasındaki ilişki.



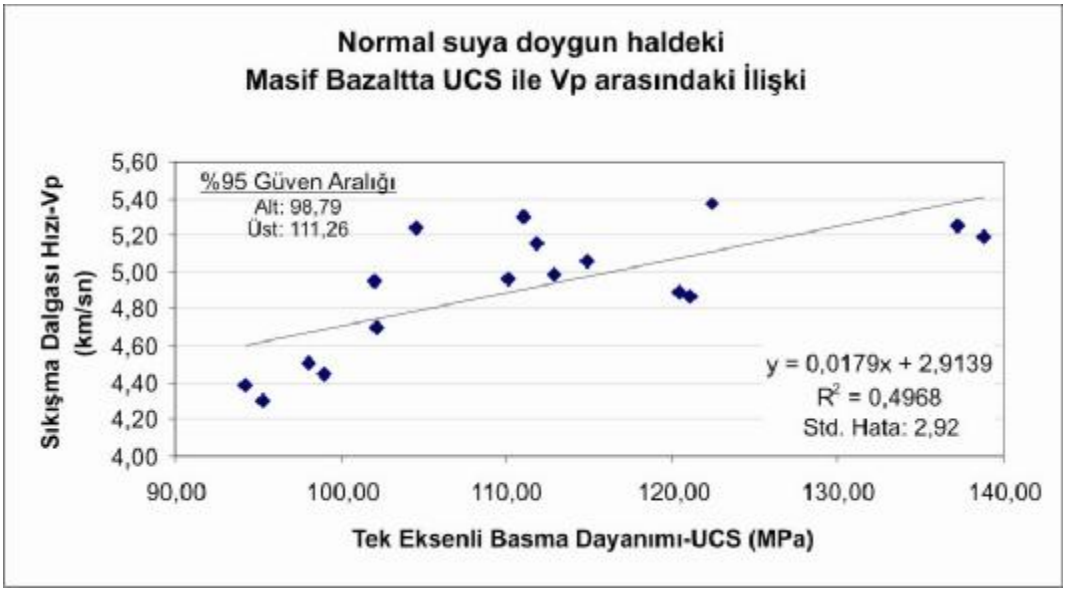
Şekil 4.52. Deniz suyuna doygun koşuldaki mikritik kireçtaşında UCS ile V_p arasındaki ilişki.

Ayrıca, boşluklu olarak tanımlanan bazaltlardan tek eksenli örnek standartlarında yeterli sayıda silindirik örnek alınamamasından dolayı mekanik değerler arasındaki ilişkiler, özellikle içersinde bulunan farklı boyutta ve miktardaki gaz boşluklarından dolayı, çok güvenilir değildir. Smith (1986)'e göre, önerilen bir model 0.70'den büyük bir R^2 değeri veriyorsa, ölçülen veriler ile tahmin edilen

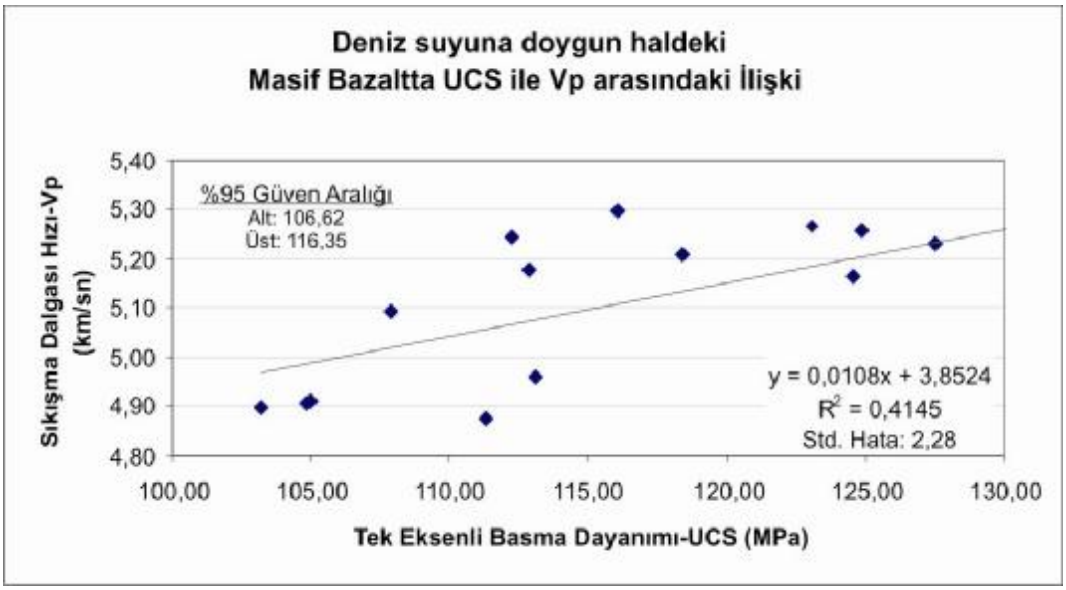
veriler arasında kuvvetli bir korelasyonun olduğu kabul edilmektedir. Bu değerin üzerindeki sonuçlar, bölgede bu amaçla yapılacak diğer deneysel çalışmalarda kullanılabilir.



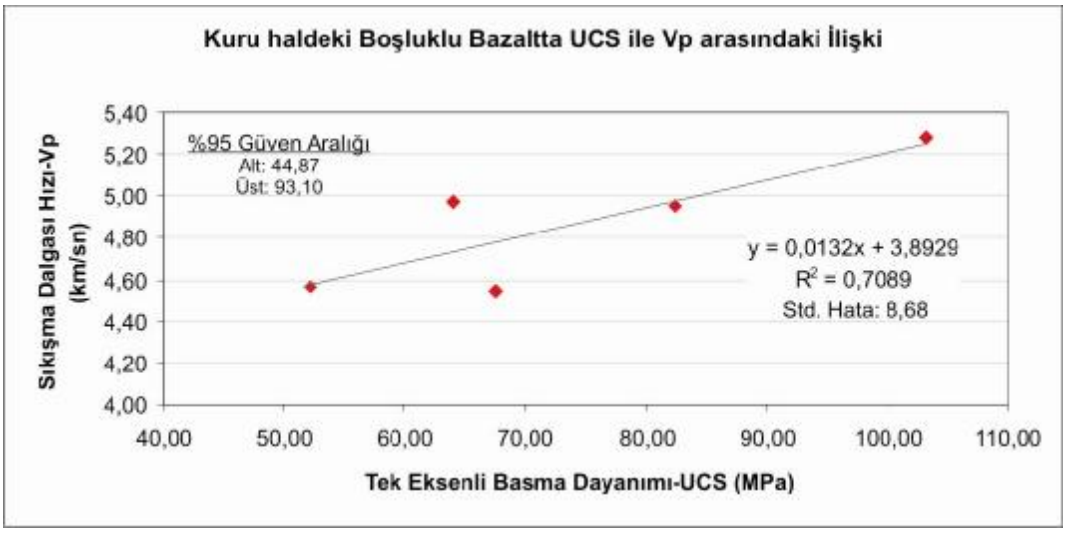
Şekil 4.53. Kuru haldeki masif bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki.



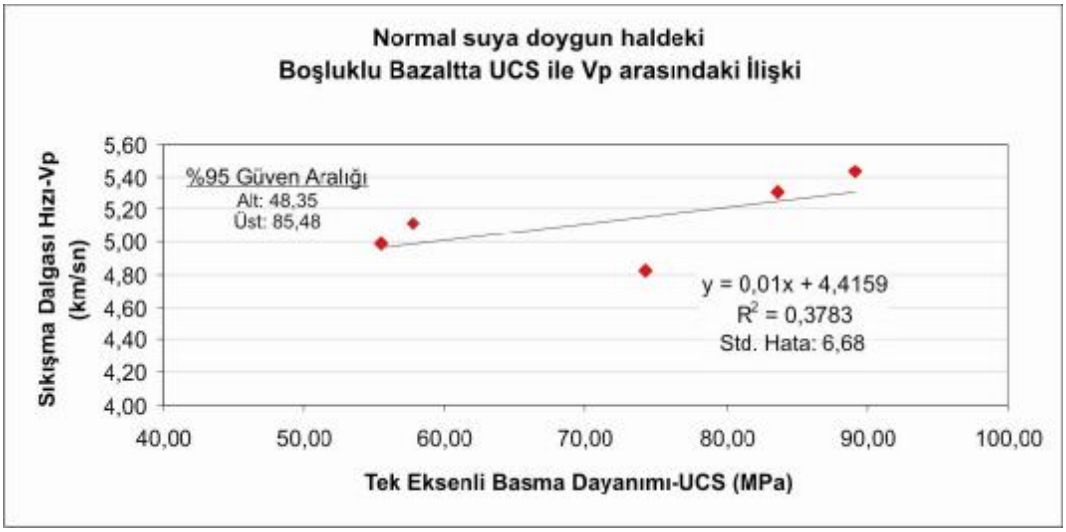
Şekil 4.54. Normal suya doygun haldeki masif bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki.



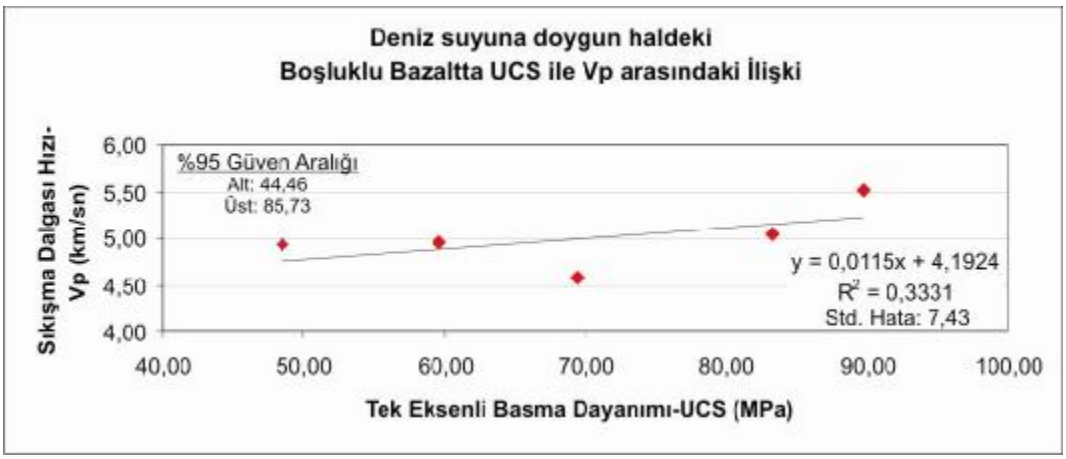
Şekil 4.55. Deniz suyuna doygun haldeki masif bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki.



Şekil 4.56. Kuru haldeki boşluklu bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki.



Şekil 4.57. Normal suya doygun haldeki boşluklu bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki.



Şekil 4.58. Deniz suyuna doygun haldeki boşluklu bazaltta UCS ile V_p arasındaki ilişki.

Bu çalışmada bazalt ve kireçtaşları üzerinde elde edilen tek eksenli basma dayanımı değerlerinin doğruluğunun denetlenmesi amacıyla bu bölgede yapılmış farklı çalışmalardan elde edilen değerler incelenmiş ve bu bölgede aynı malzeme üzerinde yapılan farklı çalışmalarda da tek eksenli basma dayanımı değerlerine yakın sonuçların bulunduğu belirlenmiştir (Keskin vd., 2003; Yaşar vd., 2003; Yaşar vd., 2004; Sevdinli, 2005; Teymen, 2005).

4.4.6. Nokta Yük Dayanımı Deneyi

Bozunmamış bir kayanın kırılma sertliğinin ve dayanımının belirlenmesinde ve kırılma tokluğunun hesaplanması amacıyla hızlı bir yol olarak nokta yük deneyi kullanılmaktadır. Bu deney için çapsal örnekler seçilerek kuru ve doygun halde bu örnekler kırılmıştır. Yükün çapsal örneğin yan yüzeyinde uygulandığı nokta örnek çapının yaklaşık 0.5'i kadar uçtan içe doğru uygulanmıştır. Kırılma sonucunda okunan en büyük değer (P) üzerinden çapsal düzeltme yapılmış ve elde edilen düzeltilmiş nokta yük indeksi ($I_{s(50)}$) değeri bu çalışmada kullanılmıştır (ISRM, 1985).

Nokta yük testi, tek eksenli basma dayanımı deneyinin alternatifi olarak düşünülen ucuz ve hızlı bir deneydir ve geçmiş yıllarda nokta yük dayanımından tek eksenli basma dayanımı değerlerinin bulunabildiği birçok bağıntı çalışmacılar tarafından önerilmiştir (Çizelge 4.14). Literatürde verilen önceki çalışmalar ile bu çalışmada elde edilen nokta yük dayanımı ile tek eksenli basma dayanımı arasındaki ilişkiler karşılaştırıldığında Fener vd (2005), Grasso vd (1992), Chou vd (1996), Tsidzi (1991) ve Forster (1983)'de verilen bağıntıların bu çalışmada elde edilen sonuçları kısmen karşıladığı belirlenmiştir.

Nokta yük deneyi sonucunda masif ve boşluklu bazaltlarda, ortalama $I_{s(50)}$ değerleri sırasıyla kuru örneklerde 5.63 MPa ve 3.78 MPa, suya doygun örneklerde ise 5.49 MPa ve 3.39 MPa, kristalize kireçtaşında kuru örneklerde 3.99 MPa, suya doygun örneklerde ise 3.88 MPa, mikritik kireçtaşlarında ise, kuru örneklerde 4.98 MPa, suya doygun örneklerde ise 4.81 MPa olarak bulunmuştur (Çizelge 4.15). Elde edilen nokta yükü değerlerine bakıldığında Deere ve Miller (1966)'e göre masif bazaltlar kuru ve suya doygun koşullarda yüksek dayanımlı çıkarken diğer üç kayaca ait örneklerin ise her iki koşulda da orta dayanımlı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.14. Farklı çalışmacılar tarafından yapılan tek eksenli basma dayanımı ile nokta yük dayanımı arasındaki ilişkiler

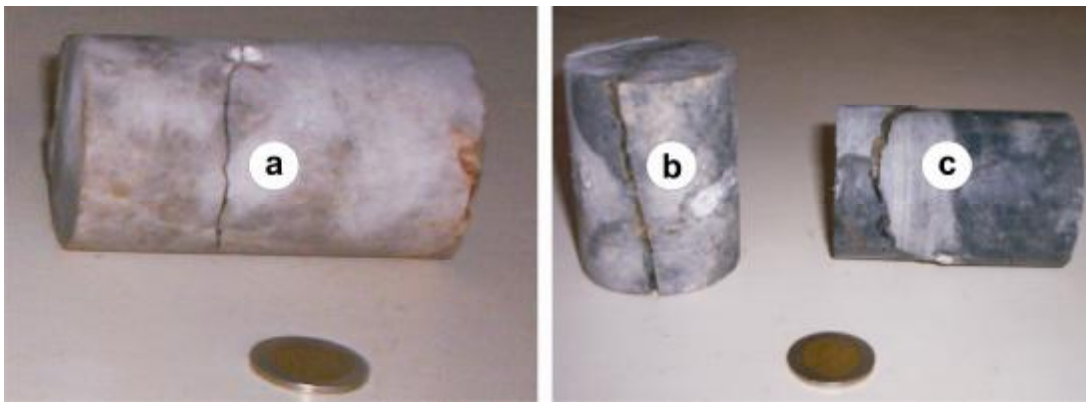
	Bağıntı	Öneren
1	$q_u = 15.3 I_{s50} + 16.3$	D'Andrea et.al. (1964)
2	$q_u = 16 I_{s50}$	Vallejo et al. (1989)
3	$q_u = 23 I_{s50} + 13$	Cargill and Shakoor (1990)
4	$q_u = 14 I_{s50}$	Tsidzi (1991)
5	$q_u = 16 I_{s50}$	Ghosh and Srivastava (1991)
6	$q_u = 12.5 I_{s50}$	Chou and Wong (1996)
7	$q_u = 14.3 I_{s50}$	Smith (1997)
8	$q_u = 8.41 I_{s50} + 9.51$	Kahraman (2001)
9	$q_u = 25.67(I_{s50})^{0.57}$	Grasso et al. (1992)
10	$q_u = 9.30 I_{s50} + 20.04$	
11	$q_u = 24.4 I_{s50}$ $q_u = 3.86 (I_{s50})^2 + 5.65 I_{s50}$	Quane and Russel (2003)
12	$q_u = 20.7 I_{s50} + 29.6$	Deere and Miller (1966)
13	$q_u = 24 I_{s50}$	Broch and Franklin (1972)
14	$q_u = 23 I_{s50}$	Bieniawski (1975)
15	$q_u = 29 I_{s50}$	Hassani et al. (1980)
16	$q_u = 16 I_{s50}$ $q_u = 20 I_{s50}$	Read et al. (1980)
17	$q_u = 18.71 I_{s50} - 13.2$	Singh (1981)
18	$q_u = 14.5 I_{s50}$	Forster (1983)
19	$q_u = 16.51 I_{s50} + 51.0$	Gunsallus and Kulhawy (1984)
20	$q_u = 22 I_{s50}$	ISRM (1985)
21	$q_u = 9.08 I_{s50} + 39.32$	Fener et al. (2005)
22	$q_u = 7.3 (I_{s50})^{1.71}$ $q_u = 23 I_{s50}$	Tsiambaos and Sabatakakis (2004)

Çizelge 4.15. Seçilen dört farklı kayaca ait nokta yük dayanım değerleri

	Nokta yük dayanımı ($I_{s(50)}$, MPa)	En büyük değer	En küçük değer	Ortalama	Standart Sapma	Standart Hata	Mühendislik sınıflaması (Deere ve Miller, 1966)
Masif bazalt	Kuru örnek	6.47	4.90	5.63	0.50	0.16 (n=10)	Yüksek dayanımlı
	Suya doygun örnek	6.30	4.90	5.49	0.37	0.12 (n=10)	Yüksek dayanımlı
Boşluklu bazalt	Kuru örnek	6.30	2.45	3.78	1.38	0.44 (n=10)	Orta dayanımlı
	Suya doygun örnek	4.20	2.45	3.39	0.55	0.17 (n=10)	Orta dayanımlı
Kristalize kireçtaşı	Kuru örnek	4.55	3.50	3.99	0.41	0.13 (n=10)	Orta dayanımlı
	Suya doygun örnek	4.55	3.15	3.88	0.48	0.15 (n=10)	Orta dayanımlı
Mikritik kireçtaşı	Kuru örnek	5.77	4.02	4.98	0.55	0.18 (n=10)	Orta dayanımlı
	Suya doygun örnek	5.42	4.20	4.81	0.40	0.13 (n=10)	Orta dayanımlı

Deneyler sonucunda en düşük değerler tek eksenli basma dayanımı deneyinde olduğu gibi boşluklu bazaltlarda ve kristalize kireçtaşlarında elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak tek eksenli basma dayanımında açıklandığı gibi kayacın içyapısındaki boşluklar ve ayrışma yüzeyleri gösterilebilir. Özellikle kristalize kireçtaşındaki ayrışma yüzeyleri kayaca yükleme yönüne paralel bir şekilde kırdığı gibi yüke dik yönlerde de kayacın iki parçaya ayrılmasına neden olmaktadır (Şekil 4.59). Bu durum diğer üç kayaca ait örneklerde gözlenmemiştir. Masif ve boşluklu bazalt

örnekleri ile mikritik kireçtaşları yükün uygulandığı eksene paralel bir şekilde kırılmışlardır.



Şekil 4.59. Mikritik kireçtaşı (a) ve kristalize kireçtaşlarında (b-c) çapsal örnekler üzerinde gözlenen kırılma düzlemleri.

4.4.7. Kırılma Tokluğu Deneyi

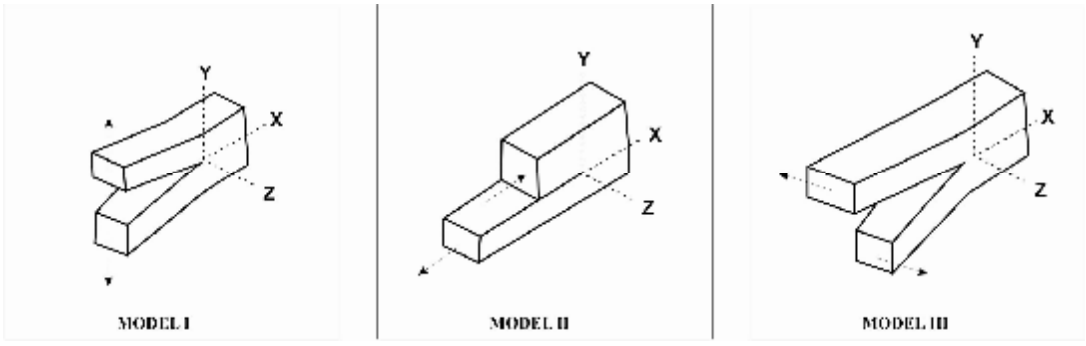
Kırılma mekaniği, malzeme olarak kullanılacak kayalardaki çatlak, boşluk gibi kaya içersindeki zayıf yüzeylerin kayanın yük taşıma kapasitesine etkisini ve kırılma ile ortaya çıkan hasarları incelemektedir. Kaya blokların tamamında veya bir kısmında bulunan çatlakların özellikleri taş dolgu gibi alanlarda kullanılacak malzemeler için çok önemlidir. Kaya bloklar mineral yapıları nedeniyle dışarıdan gelen etkilerin (patlatma, yükleme-boşaltma, darbe vb) oluşturacağı parçalanmalara karşı belli bir dayanım değerine sahiptirler. Özellikle ocak faaliyeti ve yükleme boyunca oluşan çarpmalar blokların kenar ve köşelerinde mineral ve tanenin yapısından kaynaklanan yeni kırıkların oluşmasına neden olmaktadır. Böylece, taş dolgu için kullanılacak malzemelerin biri birine kenetlenmesinde zayıf noktalar oluşabileceği gibi blok boyutu da azalmaktadır. Kaya malzemesi konusunda yaşanan en büyük problemler, delme, patlatma, tünel kazısı gibi işlemlerde ortaya çıkan parçalanmadır (ISRM, 2007).

İndeks deneylerden biri olan kırılma tokluğu deneyi, çatlak üzerine gelen şiddetli gerilimlerin ölçüldüğü bir deney olup çatlağın ileride neden olacağı hasarların belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bir malzemenin kırılma tokluğu,

onun çatlak gelişimine karşı direncini veya yeni yüzey alanlar oluşturmak için gerekli kırılma enerjisi için gerekli hızı ifade eder. Kısaca, kırılma tokluğu ile çatlak oluşumu için gerekli olan kırılma direnci belirlenmektedir. Yüksek kırılma tokluğu, çatlak yayılımına karşı kırılma direncinin arttığını göstermektedir (Altındağ, 2000).

Standart çatlak tokluğu testi, çatlağın karakteristik değiştirgelerinin, çatlağın dayanıklılığının (K_{IC}), çatlaktaki açıklık boyunca oluşan yer değiştirmenin (J-integral, CTOD) amaca uygun olarak belirlenmesi için tasarlanan bir deney olup, BSI (1991), ASTM E399 ve ASTM E813 tarafından metalik ve metalik olmayan diğer malzemeler ile PVC su boruları gibi bazı özel malzemeler için de geliştirilmiştir. Genel olarak kırılma tokluğu ölçülürken üç ayrı kırılma modeli düşünülür.

- Model I olarak tanımlanan *çatlak açılma deformasyon tipi* modelinde, çatlak üzerine uygulanan normal gerilme bileşeni çatlak yüzeyine dik olarak y ekseni boyunca uygulanmaktadır.
- Model II olarak tanımlanan *çatlak kayma deformasyon tipi* modelinde, gerilmenin kayma bileşeni çatlak yüzeyi boyunca x ekseni doğrultusunda uygulanmaktadır.
- Model III olarak tanımlanan *çatlak yırtılma deformasyon tipi* modelinde ise çatlak üzerine uygulanan gerilme çatlağın dip kenarına paralel olarak z ekseni boyunca uygulanmaktadır (Şekil 4.60).



Şekil 4.60. Kırılma tokluğu ölçülürken uygulanabilir üç ayrı kırılma modeli.

Taş dolgu olarak kullanılacak malzemelerin seçiminde kırılma tokluğu deneyi, CIRIA/CUR (1991;2007) tarafından önerilen en önemli deneylerden biridir. Fakat bu deneyin yapımı için bölümümüz laboratuvarlarında gerekli donanımın olmaması nedeniyle bu deney ile ilgili sayısal veriler Latham (1998), Bearman (1999) ve Altındağ (2000) tarafından aşağıda önerilen bağıntılar yardımıyla hesaplanmıştır.

$$K_{IC} = 0.164 I_{S(50)} + 0.340 \quad \text{Latham (1998)} \quad (4.11)$$

$$K_{IC} = 0.209 I_{S(50)} \quad \text{Bearman (1999)} \quad (4.12)$$

$$K_{IC} = 0.632 + 0.325 I_{S(50)} \quad \text{Altındağ (2000)} \quad (4.13)$$

Altındağ (2000) 7 farklı kaya üzerinde yapmış olduğu çalışmada, kayaların kırılmaya karşı gösterdikleri direnç olarak tanımlanan kırılma tokluğunun kayacın mekanik özellikleri ile doğrusal artan bir ilişki gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca, kayacın diğer parametreleriyle kırılma tokluğu arasındaki ilişkileri incelediği çalışmasında, kırılma tokluğu (K_{IC}) ile tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) arasında diğer mekanik deney sonuçlarına oranla daha yüksek anlamlılıkta bir ilişki belirlemiştir. Çoklu regresyon analizinde, kırılma tokluğu ile en anlamlı ilişkileri ise, kayacın tek eksenli basınç dayanımı, nokta yük dayanım indeksi ($I_{s(50)}$) ve koni delici değerlerin birlikte kullanılmasıyla elde etmiştir.

$$K_{IC} = 0.632 + 0.325 I_{S(50)} \quad (r = 0.702)\ (I) \quad (4.14)$$

$$K_{IC} = -0.221 + 0.030 s_c \quad (r = 0.964)\ (II) \quad (4.15)$$

$$K_{IC} = -0.196 + 0.0349 s_c - 0.0946 I_{S(50)} \quad (r = 0.972)\ (III) \quad (4.16)$$

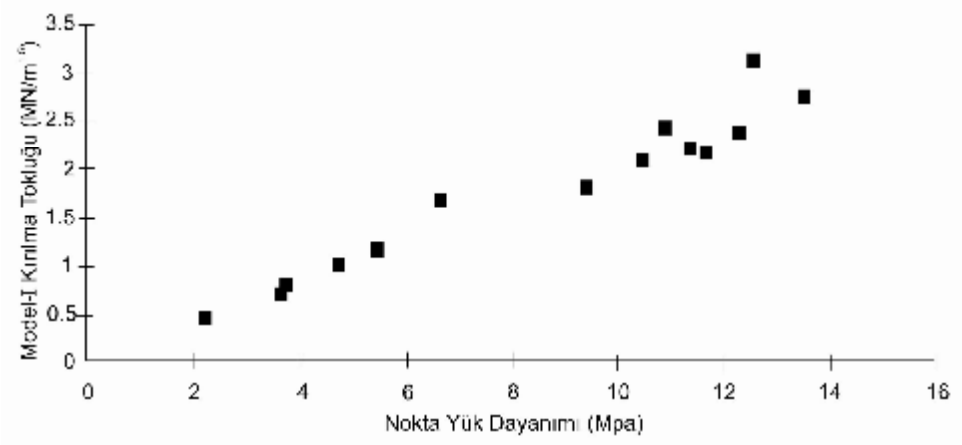
Bu tez kapsamında yapılan çalışmada, Altındağ (2000) tarafından önerilen üç yönteme göre ayrı ayrı çatlak tokluğu değerleri hesaplanmıştır. Fakat önerilen bağıntılara göre bulunan kırılma tokluğu değerleri arasında büyük farklılıklar olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.16). Değerlerin farklılık göstermesinin nedeni olarak,

Altındağ (2000) tarafından kullanılan örneklerin sayısının az olması ve bu çalışmada kullanılan kayaların kendi içlerinde özelliklerinin boşluk ve ayrışma derecesi gibi etkenlerden dolayı farklı olması söylenebilinir.

Çizelge 4.16. Altındağ (2000) tarafından önerilen üç bağıntıya göre bu çalışmada hesaplanan kırılma tokluğu (K_{IC}, MPa.m$^{1/2}$) değerleri

	Kırılma Tokluğu (K_{IC}, MPa.m$^{1/2}$)	Altındağ (2000)'e göre		
		(I)	(II)	(III)
Masif bazalt	Kuru örnekte	2.46	3.38	3.46
	Suya doygun örnekte	2.42	3.29	3.37
Boşluklu bazalt	Kuru örnekte	1.86	1.92	1.94
	Suya doygun örnekte	1.73	1.82	1.86
Kristalize kireçtaşı	Kuru örnekte	1.93	2.48	2.56
	Suya doygun örnekte	1.89	2.64	2.77
Mikritik kireçtaşı	Kuru örnekte	2.25	3.12	3.21
	Suya doygun örnekte	2.20	2.85	2.92

Bearman (1999), nokta yük dayanımı değeri ile kırılma tokluğu arasındaki ilişkiyi ortaya koyduğu çalışmasında 12 farklı örnek üzerinde çalışma yapmış ve yüksek bir korelasyon katsayısı değeri (R^2=0.948) elde etmiştir (Şekil 4.61). Bu nedenle, bu çalışmada değerlendirmenin güvenilirliği açısından sonuç çizelgesinde Bearman (1999) tarafından önerilen bağıntıdan elde edilen sonuçlar kullanlmıştır.



Şekil 4.61. Kırılma tokluğu ile nokta yük dayanımı arasındaki ilişki (Bearman, 1991).

Bu çalışmada kullanılan masif ve boşluklu bazalt örneklerinin önerilen bağıntılara göre hesaplanan değerleri Latham (1998), Bearman (1999) ve Altındağ (2000)'a göre sırasıyla; masif bazaltlarda kuru halde 1.26, 1.18, 2.46 ve doygun halde 1.24, 1.15, 2.42 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Boşluklu bazaltlarda ise sırasıyla kuru halde 0.96, 0.79, 1.86 ve doygun halde 0.90, 0.71, 1.73 olarak hesaplanmıştır (bkz Çizelge 4.17).

Kristalize kireçtaşında Latham (1998), Bearman (1999) ve Altındağ (2000)'a göre sırasıyla, kuru halde 0.99, 0.83, 1.93 ve doygun halde 0.98, 0.81, 1.89 olarak hesaplanmıştır (bkz Çizelge 4.17). Mikritik kireçtaşlarında ise sırasıyla, kuru halde 1.16, 1.04, 2.25 ve doygun halde 1.13, 1.01, 2.20 olarak hesaplanmıştır (bkz Çizelge 4.17).

Bearman (1999) tarafından önerilen bağıntı farklı türden kayalar arasında yapılan analiz sonucunda belirlendiğinden bu çalışmada Bearman (1999) tarafından önerilen bağıntının kullanılması daha uygun bulunmuştur.

4.4.8. Suda Dağılmaya Karşı Duraylılık İndeksi Deneyi

Farklı çevresel koşullar altında kayaların mühendislik davranışları da farklılıklar göstermektedir. Suda dağılmaya karşı duraylılık değeri özellikle zayıf veya killi kayalardaki en önemli mühendislik değiştirgesidir ve bu değiştirge, aşınma, oksidasyon, çözülme, hidratasyon ve eksfoliasyon yapısı gibi özellikler

sonucunda kayada oluşacak bozulmayı tanımlar (Franklin and Chandra, 1972; Rodrigues, 1991; Dick ve Shakoor, 1995; Gökçeoğlu vd., 2000; Gupta ve Ahmed., 2007).

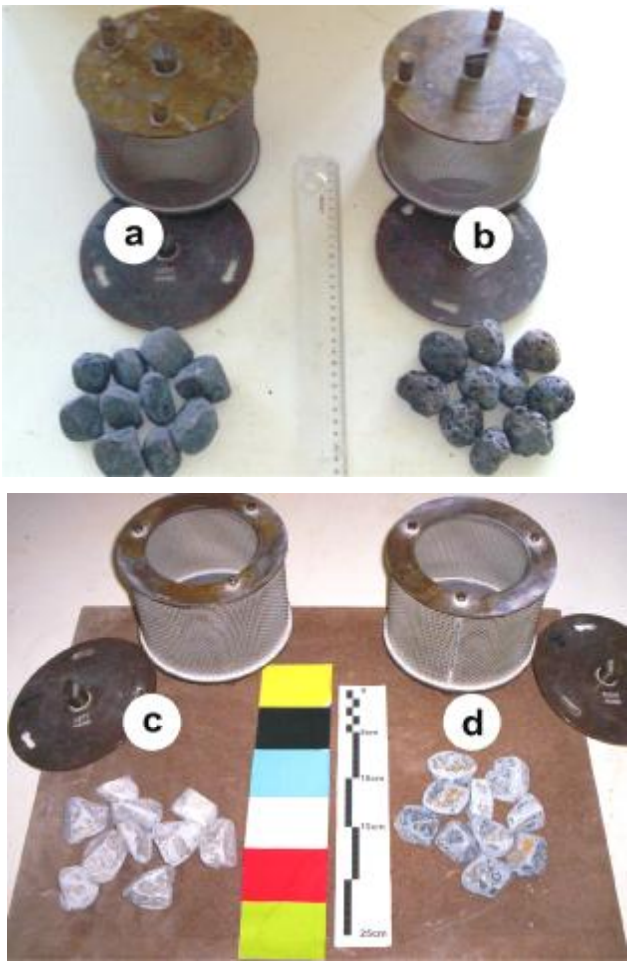
Çizelge 4.17. Seçilen dört farklı kayaca ait kırılma tokluğu (K_{IC}, MPa.$m^{1/2}$)değerleri

	Kırılma Tokluğu (K_{IC}, MPa.$m^{1/2}$)	Ortalama nokta yük değeri ($I_{s(50)}$)-MPa	Latham (1998)	Bearman (1999)	Altındağ (2000)	CIRIA, 2007
Masif bazalt	Kuru örnek	5.63	1.26	1.18	2.46	İyi
	Suya doygun örnek	5.49	1.24	1.15	2.42	
Boşluklu bazalt	Kuru örnek	3.78	0.96	0.79	1.86	Orta
	Suya doygun örnek	3.39	0.90	0.71	1.73	
Kristalize kireçtaşı	Kuru örnek	3.99	0.99	0.83	1.93	Orta
	Suya doygun örnek	3.88	0.98	0.81	1.89	
Mikritik kireçtaşı	Kuru örnek	4.98	1.16	1.04	2.25	İyi
	Suya doygun örnek	4.81	1.13	1.01	2.20	

Kayanın dokusu ve mineral yapısı, kayayı oluşturan kristallerin şekli, boyutu, kenetlenmesi, alanı, yüzey pürüzlülüğü ve kristalin çevre uzunluğu gibi özellikler kayacın aşınmasındaki en önemli unsurlardır (Moon, 1993; Papadopoulos vd., 1994; Dhakal vd., 2002; Yilmaz ve Karacan, 2005; Kolay ve Kayabali, 2006). Bunun dışında kayada bozunmayı etkileyecek en önemli değiştirge kayanın maruz kaldığı suların pH özelliğidir ve kayalarda yaklaşık %60 oranında $CaCO_3$ içeriği asidik

çözeltide yüksek dağılma ve aşınma göstermektedir (Gupta ve Ahmed., 2007). Bu çalışmada büyük bir kısmı deniz içersinde kullanılacak olan kaya malzemenin gerek deniz suyunun kimyasından gerekse dalga ve gel-git gibi hareketlerden doğacak bozulmasının belirlenmesi amacıyla suda dağılmaya karşı duraylılık deneyi yapılmıştır.

Bu deneyin yapımı sırasında kaya malzemesi üzerine deniz suyunun etkisinin olup olmadığının araştırılması amacıyla deney normal musluk suyu ve deniz suyu ile ayrı ayrı yapılmıştır. Deneye başlarken her bir kaya için toplam 20 adet örnek standartlarda belirtilen miktar ve ağırlıkta hazırlanmıştır ve örneklerin sivri köşeleri zımpara ile düzeltilerek yuvarlağa yakın hale getirilmiştir (Şekil 4.62).



Şekil 4.62. Suda dağılmaya karşı duraylılık deneyinde kullanılan masif bazalt (a), boşluklu bazalt (b), mikritik kireçtaşı (c) ve kristalize kireçtaşına (d) ait görüntüler.

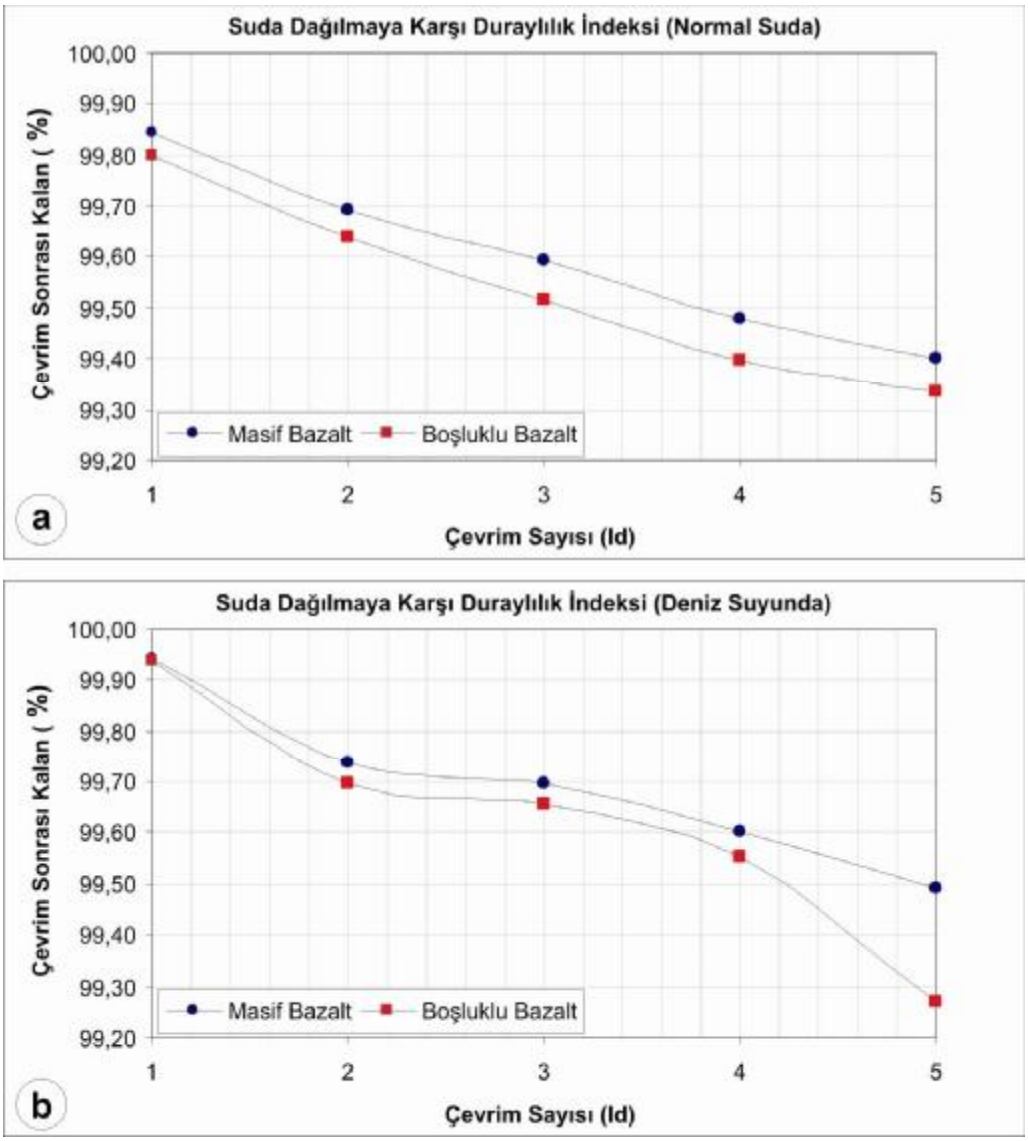
Normal musluk suyunda yapılan deney sonucunda; masif bazalt, boşluklu bazalt, kristalize kireçtaşı ve mikritik kireçtaşında beş döngü sonucunda suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (I_{d5}) değerleri sırasıyla, % 99.40, % 99.34, % 99.20 ve % 99.38 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Deniz suyunda yapılan deneyler sonucunda ise, masif bazalt, boşluklu bazalt, kristalize kireçtaşı ve mikritik kireçtaşında beş döngü sonucunda suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi (I_{d5}) sırasıyla, % 99.49, % 99.27, % 99.26 ve % 99.52 olarak bulunmuştur (bkz Çizelge 4.18).

Elde edilen değerlere bakıldığında sonuçlar arasında her iki koşulda da çok büyük farkların olmadığı ve kayacın mühendislik sınıflamasına göre çok yüksek aşınma dayanımına sahip oldukları görülmüştür. Diğer mekanik deneylerde olduğu gibi masif bazalt ve mikritik kireçtaşındaki değerler, boşluklu bazalt ve kristalize kireçtaşına oranla az da olsa daha yüksek çıkmıştır (Şekil 4.63-Şekil 4.64).

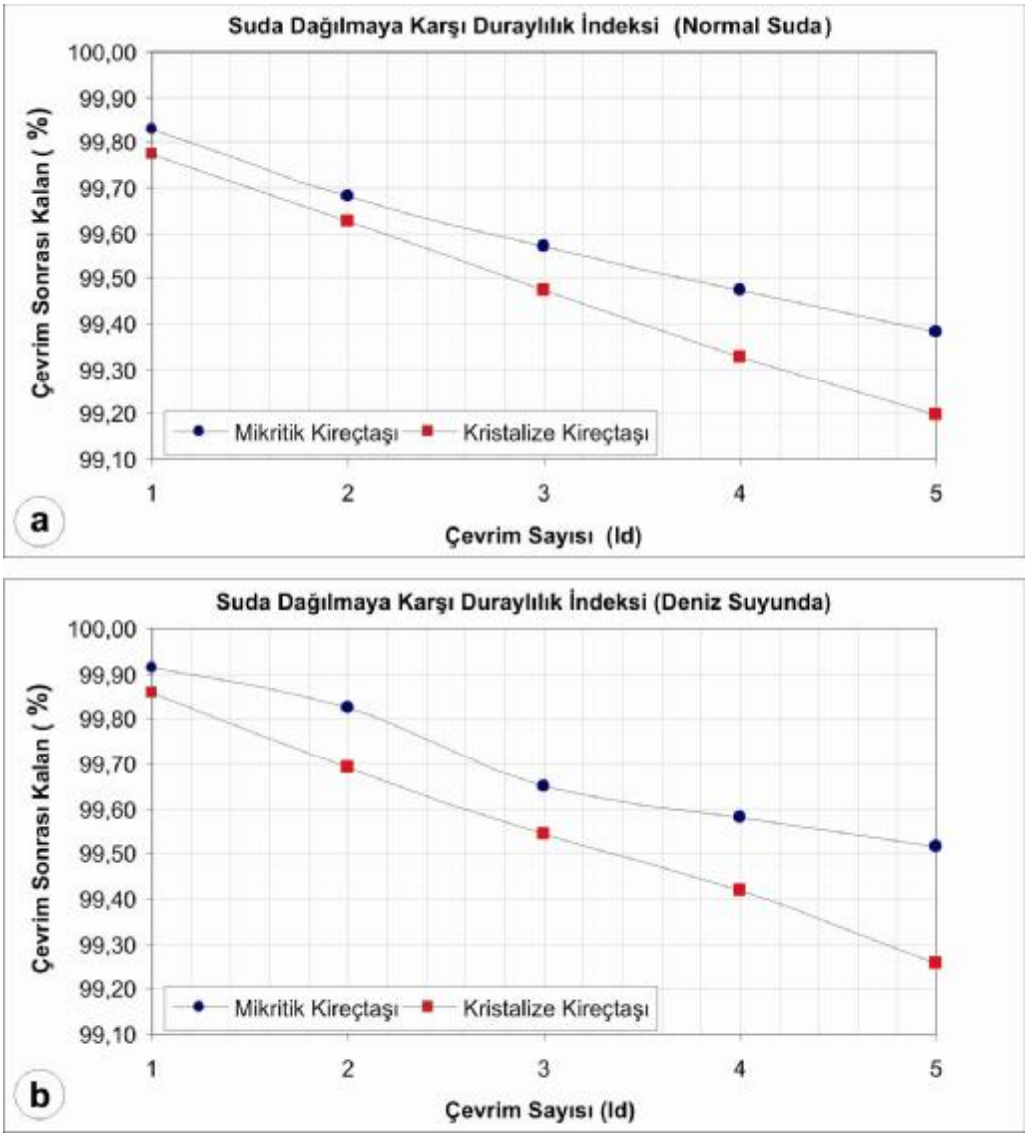
Çizelge 4.18. Seçilen dört farklı kayaca ait suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi değerleri

		I_{d5} (%)	Mühendislik sınıflaması (Gamble, 1971)
Masif bazalt	Normal suda dağılmaya karşı duraylılık	99.40	Çok yüksek
	Deniz suyunda dağılmaya karşı duraylılık	99.49	Çok yüksek
Boşluklu bazalt	Normal suda dağılmaya karşı duraylılık	99.34	Çok yüksek
	Deniz suyunda dağılmaya karşı duraylılık	99.27	Çok yüksek
Kristalize kireçtaşı	Normal suda dağılmaya karşı duraylılık	99.20	Çok yüksek
	Deniz suyunda dağılmaya karşı duraylılık	99.26	Çok yüksek
Mikritik kireçtaşı	Normal suda dağılmaya karşı duraylılık	99.38	Çok yüksek
	Deniz suyunda dağılmaya karşı duraylılık	99.52	Çok yüksek



Şekil 4.63. Boşluklu ve masif bazaltta normal (a) ve deniz suyunda (b) dağılmaya karşı duraylılık değerleri.

Genel olarak çamurtaşlarına veya ayrışmış kayalarda iki döngü olarak uygulanan bu deney sağlam birimlerde daha fazla döngü ile uygulanmalıdır (Franklin, 1970; Gökçeoğlu vd., 2000). Bu çalışmada da döngü sayısı beş olarak seçilmiştir. Bu deney genelde bu tip kayalarda çok düşük aşınma değerleri vermemektedir. Bu deneyin normal su ile deniz suyu içerisindeki aşınma değerleri arasında büyük farklılıklar göstermediği, ayrıca her iki koşulda elde edilen sonuçlar arasında anlamlı bir ilişkinin olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.64. Kristalize ve mikritik kireçtaşında normal (a) ve deniz suyunda (b) dağılmaya karşı duraylılık değerleri.

4.4.9. Los Angeles Aşınma Deneyi

Taş dolgu kıyı koruma yapılarında, yol ve havalimanlarındaki betonlarda malzeme olarak kullanılan kayalar sürekli olarak çarpma ve aşınma etkileri altındadır. Malzemenin bu etkilere karşı koyabilmesi için agregaların aşınmaya ve çarpmaya karşı yeterli dayanıklılığa sahip olması gerekir. Agrega aşınma direnci çoğunlukla agreganın kalitesinin bir ölçütüdür. Agregaların aşınmaya karşı dayanımını kayanın sertliği, mineralojik ve dokusal özellikleri gibi etkenler

etkilemektedir. Bu amaçla kullanılacak kaya malzemeler üzerinde Deval ve Los Angeles deneyleri yapılmaktadır.

Çalışmada kullanılan dört farklı örneğe ait malzemeler üzerinde Los Angeles deney aletiyle 100 ve 500 devirlik aşınma deneyleri ASTM (1989)'a göre yapılmıştır. Her bir malzemenin 100 devirlik verileri elde edildikten sonra aynı örneğe 400 devir daha yaptırılmıştır. Deney sonucunda her bir örnek için 500 devirlik aşınma kayıpları belirlenmiştir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Los Angeles aşınma deneyinde 100 ve 500 devirlerde aşınma kaybı değerleri (LAV)

	LAV_{100} (%)	LAV_{500} (%)	Kayıp Oranı	CIRIA/CUR (1991)
Masif bazalta ait LAV	3.17	15,41	0.20	İyi
Boşluklu bazalta ait LAV	8.51	41.2	0.21	Zayıf
Kristalize kireçtaşına ait LAV	6.84	27.5	0.25	Orta
Mikritik kireçtaşına ait LAV	5.61	23.2	0.24	İyi

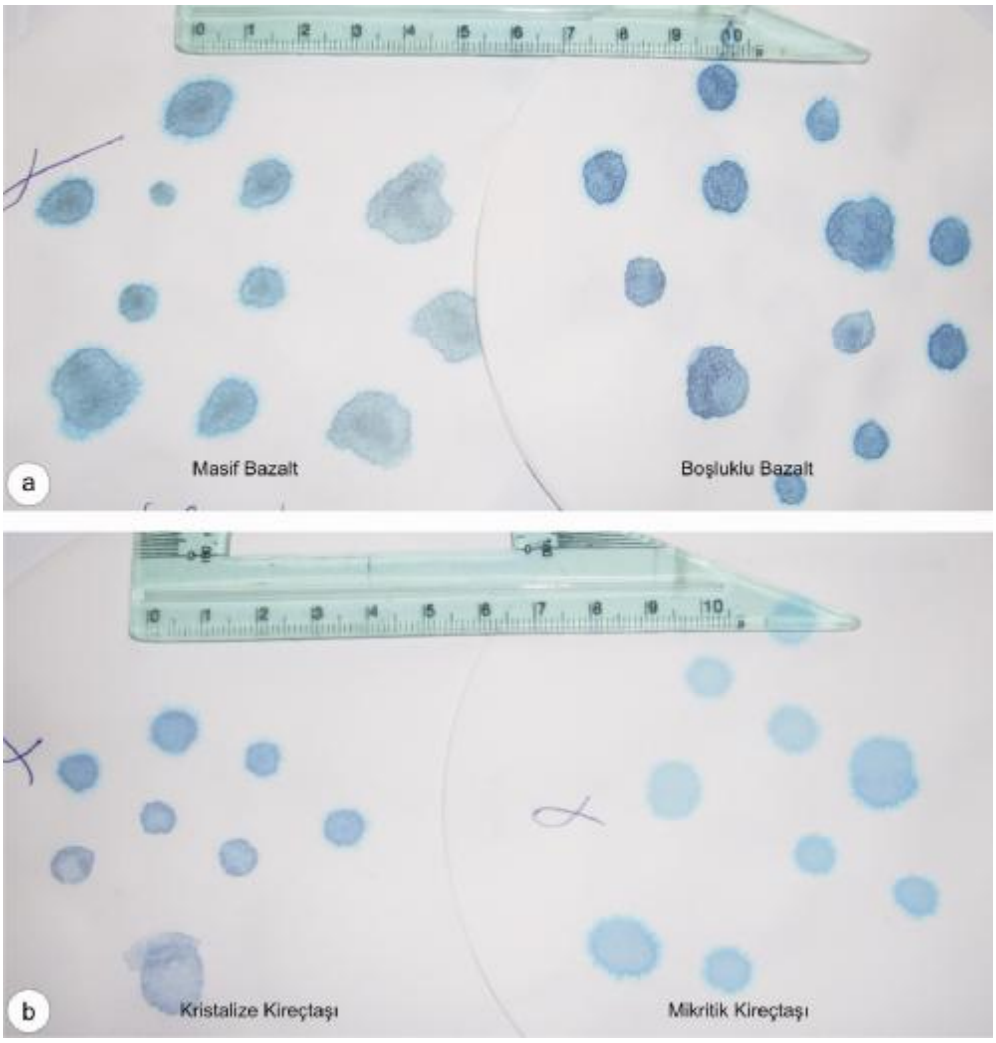
Yapılan deneyler sonucunda en az kaybın masif bazalta ait olduğu, en yüksek kaybın ise boşluklu bazalta ait olduğu belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler diğer mekanik deney sonuçlarıyla yaklaşık olarak uyumlu çıkmaktadır. Deneyler sonucunda deney sonundaki kaybın doğrulu açısından seçilen kayaların üniform sertliğe sahip olmaları istenmektedir. Üniform sertlik değeri, bir malzeme için 100 devir sonrası kaybın, 500 devir sonrası kayba oranı olarak kabul edilmektedir ve masif bazalt, boşluklu bazalt, kristalize kireçtaşı ve mikritik kireçtaşında sırasıyla 0.20, 0.21, 0.25, 0.24 olarak bulunmuştur. Bu değerler yaklaşık olarak 0.20 olduğu zaman malzemenin üniform olduğu kabul edildiğinden bu çalışmada kullanılan malzemelerin üniform sertliğe sahip olduğu söylenebilir.

4.4.10. Metilen Mavisi Emme Deneyi

Malzeme olarak kullanılacak kayalardaki aşırı miktarda kil içeriği beton ve harçlarda zarar verici etkilerde bulunabildiği gibi taş dolgu olarak kullanılacak malzemelerde su içersinde kayanın kolay dağılmasına neden olabilmektedir. Kil minerallerinin ince parçacık yapısı ve yüzeylerinin aktivitesi, betonlarda istenen işlenebilirliği sağlamak için karışım suyu miktarını artırmaktadır. Bu da sertleşmiş betonun dayanımına, duraylılığına veya hacim stabilitesine zarar vermektedir (Yool vd., 1998). Ayrıca, yüksek metilen mavisi boyası emmesi gösteren kaya malzemelerinin içerdiği kil mineralleri malzemenin basınç dayanımını düşürmektedir (Yool vd., 1998).

Metilen mavisi emme deneyi kaya ve zeminlerdeki kil minerallerinin özelliklerinin ve miktarının elde edilmesi için yapılan ve malzemenin amacına uygun olup olmadığını belirlemede hızlı ve ucuz bir yöntemdir (Higgs, 1986). Verhoef (1992)'de, metilen mavisi kaya ve toprak malzemede ne kadar çok emilirse malzemede şişebilen kil oranının o derecede yüksek olacağını belirtmiştir. Bu deney tüm kıyı koruma taşlarına uygulanır (AFNOR, 1980). Bu deney yaygın olarak da simektit grubu killerin belirlenmesinde kullanılmaktadır (CIRIA/CUR, 1991). Bu deneyde metilen boya çözeltisinin deney numunesi tarafından emilmesinin süzgeç kâğıdında oluşturduğu lekenin şekline göre deney yapılmaktadır (Şekil 4.65).

Yapılan deneye ait sonuçlar karşılaştırıldığında, mikritik kireçtaşının kil oranının en düşük olduğu ve şişme kapasitesinin önemsiz oranda olduğu görülmektedir (Çizelge 4.20). Masif bazalt ile kristalize kireçtaşları da az miktarda kil içermekte olup düşük şişme kapasitesine sahiptirler. Boşluklu bazaltın ise metilen mavisi emme değerinin en yüksek olduğu ve dolayısıyla su altında şişme kapasitesinin yüksek olabileceği belirlenmiştir. Boşluklu bazaltların metilen mavisi emme değerine göre, özellikle su ile doygun hale geldiği zaman, ciddi duraylılık sorunları yaratabileceği görülmektedir.



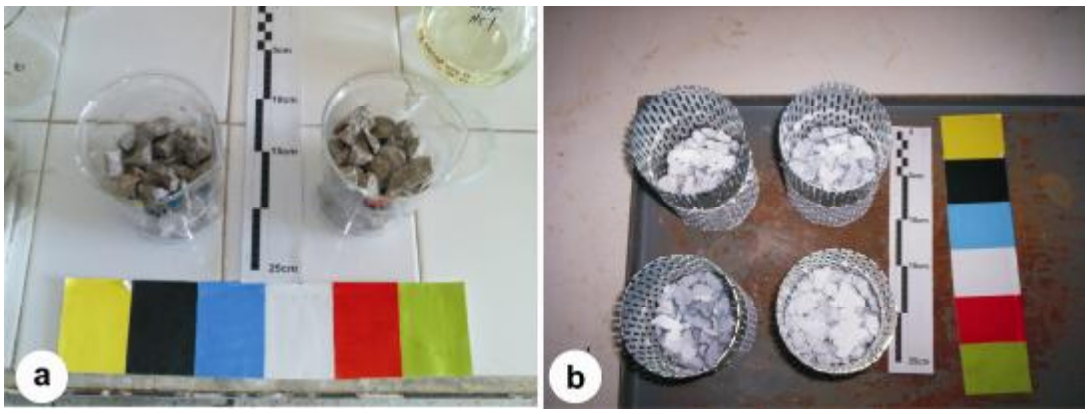
Şekil 4.65. Metilen mavisinin bazaltlarda (a) ve kireçtaşlarında (b) süzgeç kağıdında oluşturduğu izler.

Çizelge 4.20. Bazalt ve kireçtaşlarına ait metilen mavisi emme değerleri

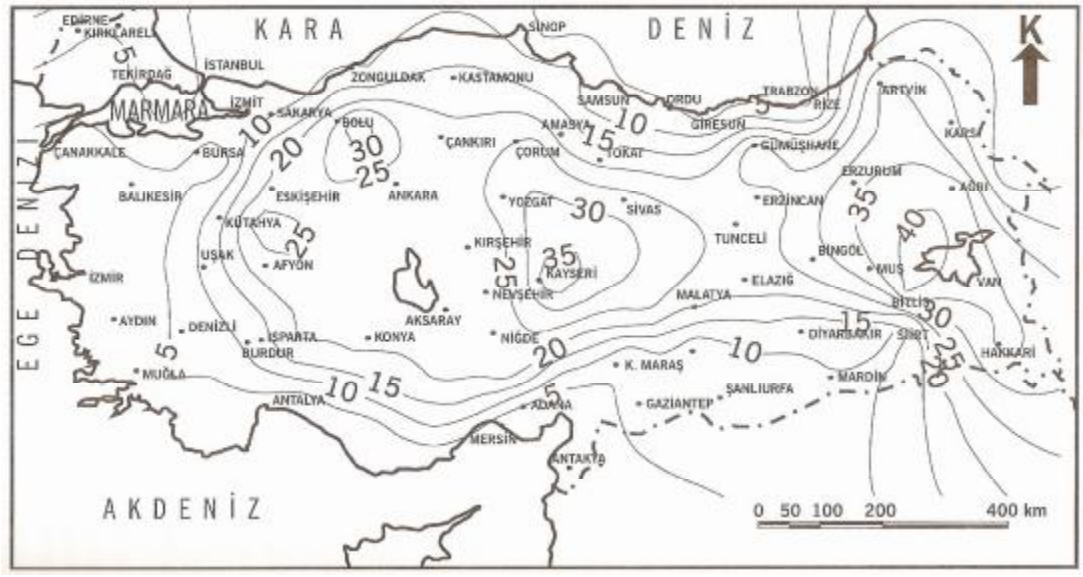
	MB (g/100g)	CIRIA/CUR (1991)
Masif bazalta ait metilen mavisi emme değeri	0.50	İyi
Boşluklu bazalta ait metilen mavisi emme değeri	1.25	Zayıf
Kristalize kireçtaşına ait metilen mavisi emme değeri	0.65	İyi
Mikritik kireçtaşına ait metilen mavisi emme değeri	0.25	Mükemmel

4.4.11. $MgSO_4$ Don Kaybı Deneyi

Farklı iklimsel koşullar altında kayaların mühendislik davranışları da farklılıklar gösterebilir. Özellikle yaz ve kış mevsimleri arasındaki sıcaklık farkı yüksek olan bölgelerde kullanılan malzemelerde, malzemenin boşluk ve çatlaklarında donan ve çözülen sular malzemelerin boyutlarında kayıplara neden olmaktadır. Taş dolgu olarak kullanılacak malzemelerde de malzemenin su içersindeki kısmı ile dışında kalan kısımları arasında sıcaklıklardan doğacak farklılıklar kayada bir kayba neden olabilir. Mevsimsel değişimlerin kayalar üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı yöntemlerle donma ve çözülme kaybı deneyleri yapılmaktadır. Bazı kaynaklarda agregaların termal ve bozunma özelliklerinin belirlenmesi olarak bahsedilen deney $NaSO_4$, $MgSO_4$ veya donma çözülme haznesi kullanılarak yapılmaktadır. Bu deneyin yapılışı sırasında standartlarda belirtilen şekilde hazırlanan örnekler belli bir döngü sayısında donma ve çözülmeye maruz bırakılırlar (Şekil 4.66). Bu deneyde döngü sayısı bölgelerin mevsimsel farklarına göre farklı sayılarda uygulanır. Bu çalışmada Yumurtalık bölgesindeki iklimsel şartlara göre örnekler beş döngü olacak şekilde deneye tabi tutulmuşlardır (Şekil 4.67).



Şekil 4.66. Standartlara göre hazırlanmış deney örneklerinin çözülmüş hali (a) ve $MgSO_4$ çözeltisinde dondurulmuş hallerine (b) ait görüntü.



Şekil 4.67. Türkiye için hazırlanmış eş donma-çözülme döngü sayısı kontur haritası (Binal vd., 1997).

Yapılan deneyler sonucunda dört farklı kayada donma ve çözünme sonucunda çok yüksek bir kayıp gözlenmemiştir. Donma ve çözülme deneyi sonucunda masif bazaltta, boşluklu bazaltta, kristalize kireçtaşında ve mikritik kireçtaşında sırasıyla %0.27, %0.44, %0.48, %0.40 malzeme kaybı meydana gelmiştir (Çizelge 4.21). Donma çözülme deneyi sonucunda en yüksek kayıp kristalize kireçtaşında olurken en düşük kayıp masif bazaltta elde edilmiştir.

Çizelge 4.21. Bazalt ve kireçtaşlarına ait donma çözülme değerleri

	MS (%)	CIRIA, 2007
Masif bazalta ait $MgSO_4$'de donma çözülme değeri	0.27	Mükemmel
Boşluklu bazalta ait $MgSO_4$'de donma çözülme değeri	0.44	Mükemmel
Kristalize kireçtaşına ait $MgSO_4$'de donma çözülme değeri	0.48	Mükemmel
Mikritik kireçtaşına ait $MgSO_4$'de donma çözülme değeri	0.40	Mükemmel

4.4.12. Laboratuvar Deneylerinin Değerlendirilmesi

Taş dolgu koruma yapılarında kullanılacak malzemelerin içyapılarındaki özelliklerin belirlenmesi mühendislik yapısının kullanım süresini belirleyen en önemli unsurdur. Kayalar içyapılarından dolayı parçalanarak gereken işlevlerini yerine getirmeyebilirler. Böyle bir durumda koruma yapısının tahrip olması sonucunda güvenlik problemleri ve ekonomik kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle amaca uygun kaya malzemeleri seçilmelidir. Uygun kaya malzemesinin seçiminde, kayacın sağlamlığı, ayrışma derecesi, kaya içersindeki zayıf zonlar ve kayacın mineralojisi önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, Çetin vd. (2000) yapmış oldukları çalışmada kayacın mineralojik bileşimine dikkat çekmişler ve Atatürk Barajında kaya dolgu olarak kullanılan gözenekli bazaltlardaki dayanımın düşük olmasının nedenini olivin mineralinin iddingsitleşmesine bağlamışlardır. Ayrıca, kayacın dayanımı ile mineralojik bileşimi ve ayrışma derecesi arasındaki ilişkiler farklı çalışmalarda irdelenmiş ve genelde mineralojinin ve ayrışma derecesinin kayanın dayanımını etkilediği belirtilmiştir (Tuğrul, 1995; Maharaj, 2001; Acar vd., 2004). Ancak, Türkiye'de kaya koruma malzemesi seçiminde pratikte uzun yıllar tek ölçüt olarak birim hacim ağırlık değeri kullanılmaktaydı ve birim hacim ağırlığı 22 kN/m^3'den büyük kayaların koruma taşı olarak kullanımının uygun olacağı belirtilmekteydi (Topal, 2004; Topal, 2005). Oysaki tek başına bu değiştirgenin yeterli olmadı sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda görülmüştür.

Dalgakıranların dalga altındaki uzun süreli dayanıklılığı kullanılacak kayaların performanslarıyla ilgilidir (Clark, 1988). Bu çalışmanın amacı da belirlenen çalışma alanı içersinde kalan farklı kayaların malzeme özellikleri ile laboratuvar ve saha performansları dikkate alınarak kaya kalitelerinin belirlenmesidir. Koruma taşı için kullanılacak kaya malzemesinin seçimi amacıyla çalışma alanı içersinde ilk olarak mühendislik jeolojisi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda koruma taşı olarak kullanılması mümkün görünen kayalar üzerinde literatürde belirtilen çeşitli deneyler yapılmıştır (EK-3). Bu deneyler standartlarda belirlenen (CIRIA/CUR, 1991-2007; BS 6349-1, 2000; BS 6349-7, 1991; TSE 2513, 1977; TS EN 13383-2, 2004) değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu

çalışmada, kaya malzemesinin kalite ve dayanıklılık değerlendirmesi dünyaca kabul görmüş CIRIA/CUR (1991,2007) ve Lienhart (1998) tarafından önerilen Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi (RERS) yöntemleri kullanılarak yapılmıştır.

4.4.12.1. CIRIA/CUR Sınıflaması

Dünya genelinde hidrolik yapılarında kullanılacak kaya malzemesinin sınıflandırılmasında kullanılan en yaygın yöntem, arazi ve laboratuvar verilerinin değerlendirildiği CIRIA/CUR (1991; 2007) sınıflama sistemidir. Bu sistemde, kayanın çeşitli özellikleri kullanılarak kaya malzemesinin dayanım özellikleri bir çizelge halinde sunulmaktadır. Çizelge, kaya malzemesinin deneysel özelliklerine göre malzemeyi mükemmel, iyi, orta ve zayıf olmak üzere dört farklı dayanım sınıfa ayırmaktadır. Kaya malzemesinin değerlendirilmesi sırasında kayaya ait, birim hacim ağırlık, su emme, toplam porozite, metilen mavisi emme değeri, tek eksenli basma dayanımı, sonik hız, nokta yük dayanımı, kırılma tokluğu, Los Angeles aşınma kaybı, $MgSO_4$ donma çözünme kaybı deneylerine ait sonuçlar kullanılmıştır.

Laboratuvar deneyleri değerlendirildiğinde, genelde deneylerin birçoğunda en yüksek dayanımın mikritik kireçtaşına ait olduğu belirlenmiştir. CIRIA/CUR (2007)'de belirlenen aralıklarda sonuçlar değerlendirildiğinde mikritik kireçtaşının mükemmel-iyi, masif bazaltın genelde iyi, kristalize kireçtaşının mükemmel-orta arasında ve boşluklu bazaltın iyi-orta arasında çıktığı belirlenmiştir (Çizelge 4.22-4.25). Farklı deneylerin kalite değerlendirmesine bakıldığında mikritik kireçtaşında yapılan hiçbir deneyin sonucunun orta veya zayıf kalitede olmadığı belirlenmiştir. Deney sonuçları arasında en düzensiz değerlerin ise boşluklu bazaltlarda elde edildiği gözlenmiştir (bkz Çizelge 4.23). Bunun en büyük nedeninin bu kaya içerisindeki boşlukların düzensizliği ve ayrışma yoğunludur. İnce kesit araştırmalarında boşluklu bazaltlardaki özellikle olivin mineralinde farklılıklar gözlenen ayrışma miktarları bu kayacın deney sonuçları arasında bir uyumsuzluğa neden olmaktadır. Özellikle bu tip kayaların malzeme olarak kullanılması durumunda kontrollü ocak işletmesi yapılmalıdır ve ocaktan çıkacak malzemeler üzerinde deneyler sıklıkla uygulanmalıdır. Bu durumdaki malzemelerin bu bölgede

yapılan limanlarda sık kullanılması nedeniyle limanlarda oluşacak malzeme yenilmeleri sıklıkla takip edilmeli ve önlemler alınmalıdır.

Çizelge 4.22. Masif bazaltın kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 2007)

Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Masif Bazalt
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3	**2.656** (1)
Su Emme (%)	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0	**1.17** (2)
Toplam porozite (%)	<2	2-6	6-20	>20	**3.10**
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0	**0.50**
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	**117.02** (3)
Sonik Hız (km/sn)	>6	4.5-6	3-4.5	<3	**4.85** (4)
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	>8	4-8	1.5-4	<1.5	**5.49** (3)
Kırılma Tokluğu ($MPa\ m^{1/2}$)	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6	**1.15** (3)
Los Angeles aşınma (%)	<15	15-25	25-35	>35	**15.41**
$MgSO_4$ (% kayıp)	<2	2-10	10-30	>30	**0.27**

(1) Doygun birim hacim ağırlık , (2) Ağırlıkça su emme değeri, (3) Deniz suyuna doygun örnekler, (4) Normal suya doygun örnekler

Aynı şekilde kristalize kireçtaşında da deney sonuçları arasında kaya kalitesi değerlendirildiğinde bir uyumsuzluk gözlenmektedir (bkz Çizelge 4.24). Bunun en önemli nedeni bu kaya malzemesi içersinde gelişen ayrışma düzlemleri ve kayanın ince kesitlerinde gözlenen stilolit oluşumlarıdır. Özellikle bu tür kayalarda ince kesitlerde gözlenen stilolitler kayanın fiziksel ve mekanik değiştirgelerinde önemli farklılıklara neden olmaktadır. Kaya içersinde basınç erimesiyle oluşmuş gözle görülemeyen bu tip yapıların kalınlıkları ve dolgu özellikleri tam olarak belirlenmelidir. Bu tip yapılar özellikle tektonik kuşakların etkisinde kalan bölgelerdeki kireçtaşı kütlelerinde çok sıklıkla gözlenmektedir. Çalışma alanının

böylesi bir tektonik kuşakta yer alması nedeniyle bu bölgede taş dolgu olarak kullanılacak kristalize kireçtaşlarında da ocak işletmeciliği dikkatli yapılmalı ve çıkan malzemeler deneylerle sürekli olarak denetlenmelidir.

Çizelge 4.23. Boşluklu bazaltın kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 2007)

Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Boşluklu Bazalt
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3	**2.344** (1)
Su Emme (%)	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0	**1.63** (2)
Toplam porozite (%)	<2	2-6	6-20	>20	**3.77**
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0	**1.25**
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	**72.56** (3)
Sonik Hız (km/sn)	>6	4.5-6	3-4.5	<3	**5.05** (4)
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	>8	4-8	1.5-4	<1.5	**3.39** (3)
Kırılma Tokluğu (MPa m$^{1/2}$)	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6	**0.71** (3)
Los Angeles aşınma (%)	<15	15-25	25-35	>35	**41.2**
$MgSO_4$ (% kayıp)	<2	2-10	10-30	>30	**0.44**

(1) Doygun birim hacim ağırlık , (2) Ağırlıkça su emme değeri, (3) Deniz suyuna doygun örnekler, (4) Normal suya doygun örnekler

Çizelge 4.24. Kristalize kireçtaşı kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 2007)

Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Kristalize Kireçtaşı
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3	**2.587** (1)
Su Emme (%)	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0	**0.26** (2)
Toplam porozite (%)	<2	2-6	6-20	>20	**0.69**
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0	**0.65**

Çizelge 4.24. Devamı

Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Kristalize Kireçtaşı
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	**95.50** (3)
Sonik Hız (km/sn)	>6	4.5-6	3-4.5	<3	**6.04** (4)
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	>8	4-8	1.5-4	<1.5	**3.88** (3)
Kırılma Tokluğu (MPa $m^{1/2}$)	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6	**0.81** (3)
Los Angeles aşınma (%)	<15	15-25	25-35	>35	**27.5**
$MgSO_4$ (% kayıp)	<2	2-10	10-30	>30	**0.48**

(1) Doygun birim hacim ağırlık , (2) Ağırlıkça su emme değeri, (3) Deniz suyuna doygun örnekler, (4) Normal suya doygun örnekler

Çizelge 4.25. Mikritik kireçtaşı kalite değerlendirmesi (CIRIA/CUR, 2007)

Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Mikritik Kireçtaşı
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3	**2.610** (1)
Su Emme (%)	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0	**0.21** (2)
Toplam porozite (%)	<2	2-6	6-20	>20	**0.55**
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0	**0.25**
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	**102.32** (3)
Sonik Hız (km/sn)	>6	4.5-6	3-4.5	<3	**6.22** (4)
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	>8	4-8	1.5-4	<1.5	**4.81** (3)
Kırılma Tokluğu (MPa $m^{1/2}$)	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6	**1.01** (3)
Los Angeles aşınma (%)	<15	15-25	25-35	>35	**23.2**
$MgSO_4$ (% kayıp)	<2	2-10	10-30	>30	**0.40**

(1) Doygun birim hacim ağırlık , (2) Ağırlıkça su emme değeri, (3) Deniz suyuna doygun örnekler, (4) Normal suya doygun örnekler

Çalışma alanındaki kayalar üzerinde yapılan arazi ve laboratuvar değerlendirmesine göre incelenen birimler içersinde, CIRIA/CUR (2007) tarafından önerilen sınıflandırma sistemine göre kayalar değerlendirilmiştir. Seçilen malzemelerden özellikle masif bazalt ve mikritik kireçtaşları kaya kalitesi olarak mükemmel-iyi arası değerler verirken bu kayaların yapılacak koruma yapısında koruyucu tabaka, filtre tabakası ve çekirdek kısmında kullanılabileceği belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Boşluklu bazalt ve kristalize kireçtaşının ise arazi ve laboratuvar gözlemleri sonucunda, koruma yapısının çekirdek kısmında kullanılabileceği, koruyucu tabaka ve filtre tabakasında kullanımının ise olumsuz sonuçlar doğurabileceği belirlenmiştir.

Çizelge 4.26. Deniz yapıları için idealize tipik kaya kalitesi parametre aralıkları ve bu aralıklara düşen çalışma alanındaki malzemeler (CIRIA/CUR, 1991; 2007)

Deney veya Gözlem	**Koruyucu Tabaka**	**Filtre Tabakaları**	**Çekirdek / Dolgu**
Ayrışma Derecesi	I - II	I - II	I - II
Süreksizlik aralığı (mm)	1.00	0.50	0.20
RQD (%)	80 – 100	75 – 100	55 – 100
Porozite (%)	0 – 5	0 – 100	0 – 10
Su emme (%)	< 2.0	<2.5	<3.0
Tek eksenli basma dayanımı (Mpa)	> 100	>100	>50
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	>2.6	>2.6	>2.0
Masif bazalt	√	√	√
Boşluklu bazalt			√
Kristalize kireçtaşı			√
Mikritik kireçtaşı	√	√	√

Taş dolgu kıyı koruma yapılarında malzeme seçimiyle ilgili önceki çalışmalara bakıldığında, özellikle ülkemizde yapılan iki önemli çalışma bulunmaktadır. Bunlardan ilkinde, Özden (2006) yapmış olduğu çalışmada Karadeniz kıyı şeridinde beş farklı taş ocağından alınan ve Hisarönü (Bartın), Tarlaağzı (Bartın) ve Alaplı (Zonguldak) kaya dolgu dalgakıranlarında kullanılan kayaların özelliklerini hem arazi hem de laboratuvar ortamında incelemiş ve standartlarda belirtilen sınırlara uygunluğunu denetlemiştir (Çizelge 4.27). Ertaş (2008) ise yapmış olduğu bir diğer çalışmada Mersin ve Kumkuyu limanlarında taş dolgu kıyı koruma yapısı olarak kullanılan ve performansı bilinen iki ayrı taş ocağından alınan dört farklı kireçtaşını incelemiştir (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.27. Bazı kayalara ait kalite değerlendirmesi (Özden, 2006)

Deneyler	***Kavakdere Kireçtaşı*** *(Geç Kretase)*	***Kavukkavlağı Kireçtaşı*** *(Geç Kretase)*	***Tarlaağzı Kireçtaşı*** *(Geç Jura)*	***Kıran Kumtaşı*** *(Kretase)*	***Çömlekçikuyu Andezit*** *(Kretase)*
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	*2.74*	*2.69*	*2.65*	*2.20*	*2.35*
Su Emme (%)	*0.10*	*0.20*	*0.82*	*7.54*	*2.70*
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	*0.53*	*0.27*	*0.27*	*2.80*	*2.93*
Basma Dayanımı (MPa)	*63.93*	*52.80*	*70.59*	*19.34*	*36.23*
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	*5.45*	*4.15*	*6.00*	*0.74*	*3.96*
Kırılma Tokluğu (MPa $m^{1/2}$)	*1.23*	*1.02*	*1.32*	*0.46*	*0.99*
$MgSO_4$ (% kayıp)	*0.08*	*0.11*	*0.33*	*25.12*	*11.64*

Çizelge 4.28. Bazı kayalara ait kalite değerlendirmesi (Ertaş, 2008)

Deneyler	*Değirmençayı Kireçtaşı (Miyosen)*	*Tirtar üst seviye Kireçtaşı (Miyosen)*	*Tirtar orta seviye Kireçtaşı (Miyosen)*	*Tirtar alt seviye (Miyosen)*
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	*2.42*	*2.64*	*2.22*	*2.31*
Su Emme (%)	*3.31*	*3.54*	*4.77*	*5.58*
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	*0.30*	*0.30*	*0.43*	*0.71*
Basma Dayanımı (MPa)	*26.90*	*25.25*	*14.60*	*9.20*
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	*1.56*	*1.52*	*0.95*	*0.65*
Kırılma Tokluğu (MPa m$^{1/2}$)	*0.33*	*0.32*	*0.20*	*0.14*
$MgSO_4$ (% kayıp)	*4.56*	*8.59*	*9.49*	*23.14*

Bu tez çalışmasında ve önceki yıllarda yapılmış farklı çalışmalardan elde edilen değerler karşılaştırıldığında bazı deneylere ait sınır değerlerin kayanın ortalama kalite değerinden uyumsuz olduğu gözlenmiştir. Örneğin, bir kaya malzemesinde yapılan farklı deneylerden elde edilen puanların ortalaması iyi sınıftayken bazı deneylerde elde edilen puan farklı bir sınıfta çıkabilmektedir. Bu uyumsuzluğun araştırılması amacıyla bu tez çalışmasında, önceki çalışmalardan elde edilen deneysel değerler ile bu çalışmada elde edilen deneysel değerler dört kalite sınıfı bakımından karşılaştırılmıştır. Bu nedenle, her kayada elde edilen birim hacim ağırlık, su emme, metilen mavisi emme, tek eksenli basma dayanımı, nokta yük dayanımı, kırılma tokluğu ve $MgSO_4$'da donma çözünme kaybı değerleri, kaya kalitesi, zayıf, orta, iyi ve mükemmel olarak verilen sınırlar için sırasıyla 1, 2, 3 ve 4 olarak puanlandırılmıştır. Bu puanlama sonucunda değerlendirmeye alınan 13 farklı kaya için, CIRIA/CUR (2007) standardında belirtilen sınırlara göre, her bir deneyde elde edilen değere karşılık bir puan verilmiştir. Seçilen kayalarda, her bir deney için verilen puanların toplamı alınarak deney sayısına bölünmüş ve 13 farklı kaya için

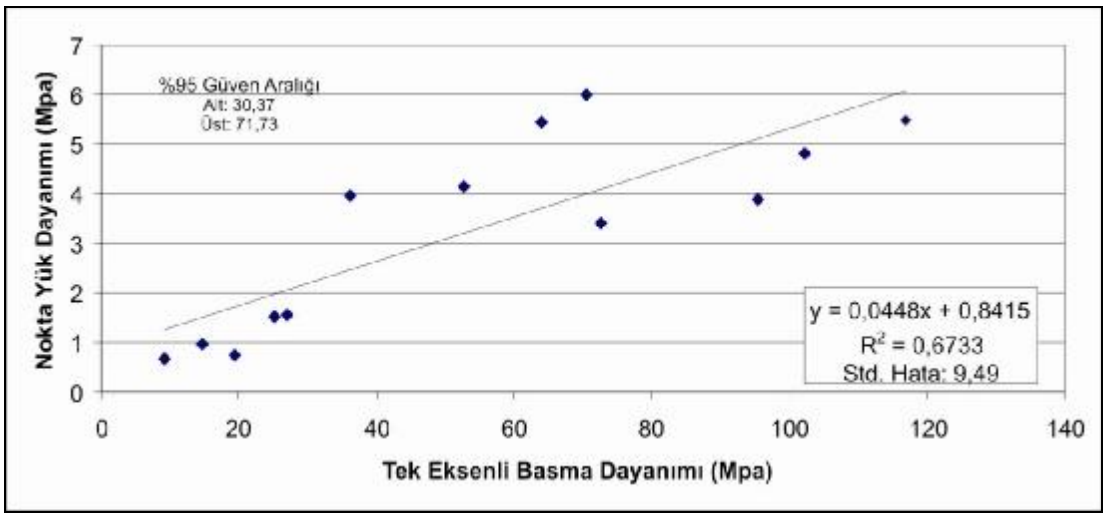
ortalama bir kaya kalite değeri bulunmuştur. Bulunan bu ortalama değer her bir deneyde bulunan puan ile karşılaştırıldığında bazı deneylerin sınır aralıklarının CIRIA/CUR (2007)'da belirtilen şekillerde alındığında, ortalama kaya kalitesine uymadığı gözlenmiştir (EK-4). Analizi yapılan toplam 13 kayada, her bir deney için elde edilen puanların ortalamaya uymayanlarının tüm kayalardaki yüzde değerlerine bakıldığında, örneğin $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı deneylerinden elde edilen değer aralığının genel puanlamadan %77 daha farklı olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Aynı şekilde su emme, tek eksenli basma dayanımı ve metilen mavisi emme deneyleri için verilen aralıklarda da sonuçlar, ortalama kaya puanından çok farklı değerlerde çıkmaktadır.

Çizelge 4.29. CIRIA/CUR (2007)'de deneyler için verilen kaya kalite aralığının ortalama kalite değerinden olan farkı

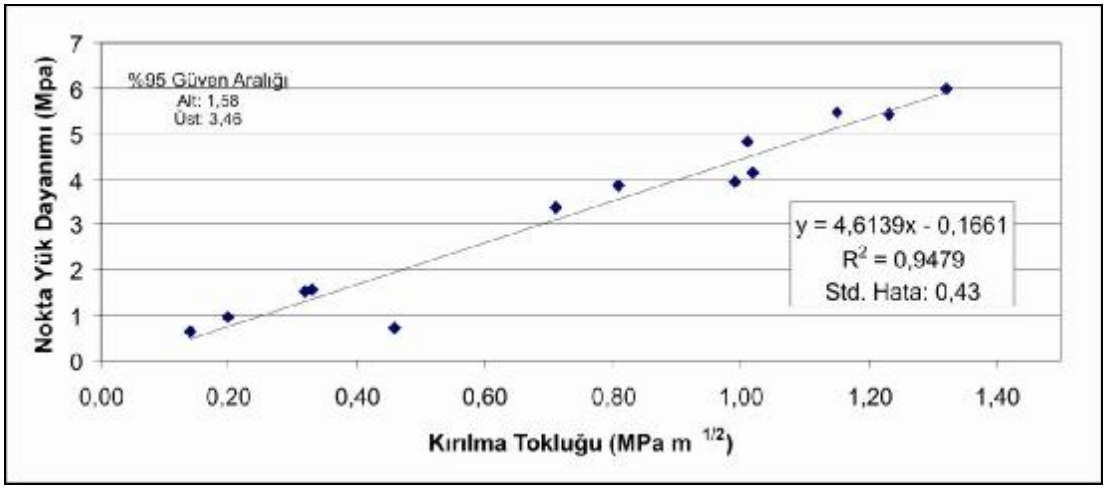
Deneyler	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf	Deney Aralığının Ortalama Kaya Kalitesi Değerinden Olan Farkı
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3	**% 23**
Su Emme (%)	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0	**% 38**
Metilen mavisi emme (gr/100gr)	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0	**% 62**
Basma Dayanımı (MPa)	>120	120-80	80-60	<60	**% 62**
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	>8	4-8	1.5-4	<1.5	**% 23**
Kırılma Tokluğu (MPa $m^{1/2}$)	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6	**% 38**
$MgSO_4$ (% kayıp)	<2	2-10	10-30	>30	**% 77**

Ayrıca, bu 13 farklı kayadan elde edilen deneysel değerler (EK-5) arasındaki ilişkiler incelendiğinde, her bir kayada elde edilen deneysel değerlerde, ortalama değere en yakın sonuçlar nokta yük dayanımı değerlerinde elde edilmiştir. En anlamlı sonuçların elde edildiği nokta yük dayanımı değeri ile tüm deneylerden elde

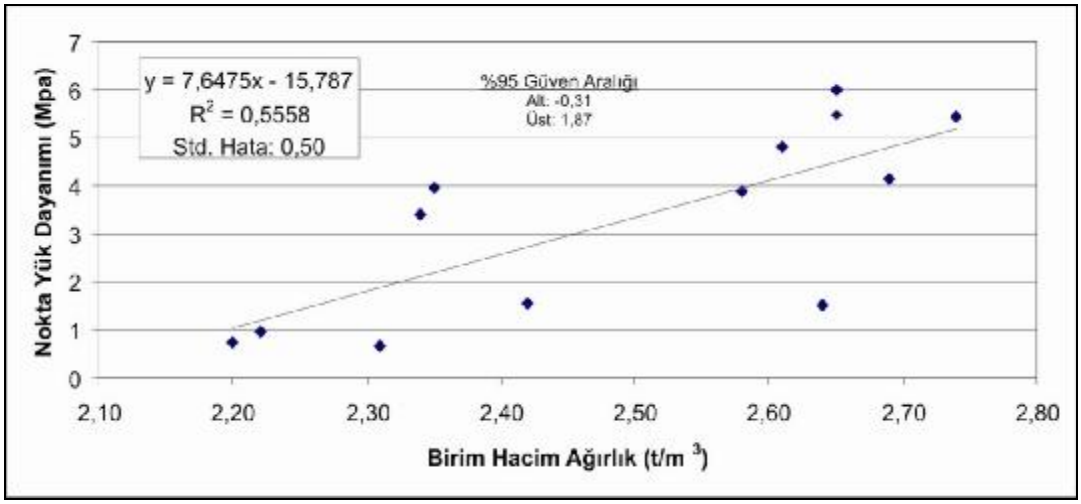
edilen sonuçlar arasındaki ilişkilere bakıldığında, tek eksenli basma dayanımı (Şekil 4.68), kırılma tokluğu (Şekil 4.69), birim hacim ağırlık (Şekil 4.70) değerleri arasında artan doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Nokta yük dayanımı değeri ile metilen mavisi emme değeri (Şekil 4.71) ve $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı (Şekil 4.72) değerleri arasında ise azalan bir ilişki elde edilmiştir.



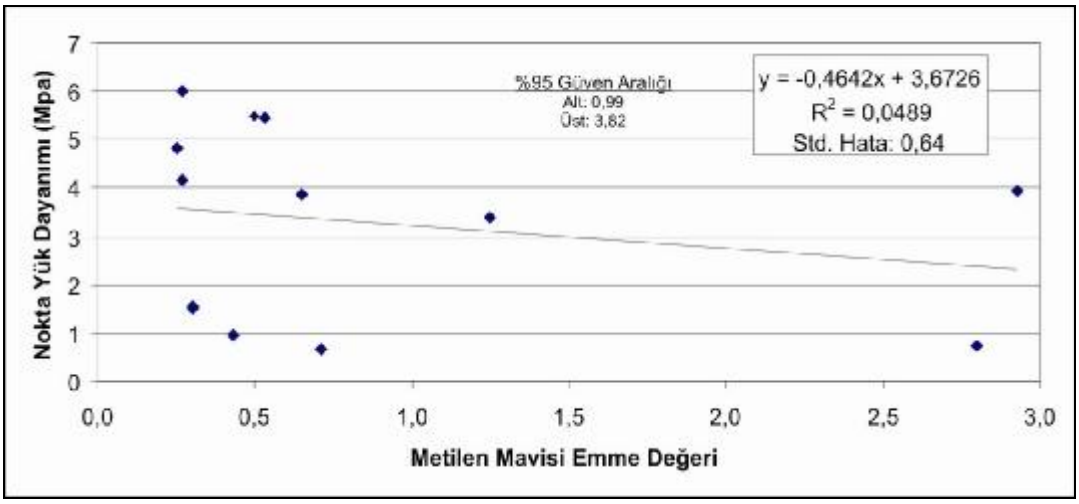
Şekil 4.68. Nokta yük dayanımı ile tek eksenli basma dayanımı arasındaki ilişki.



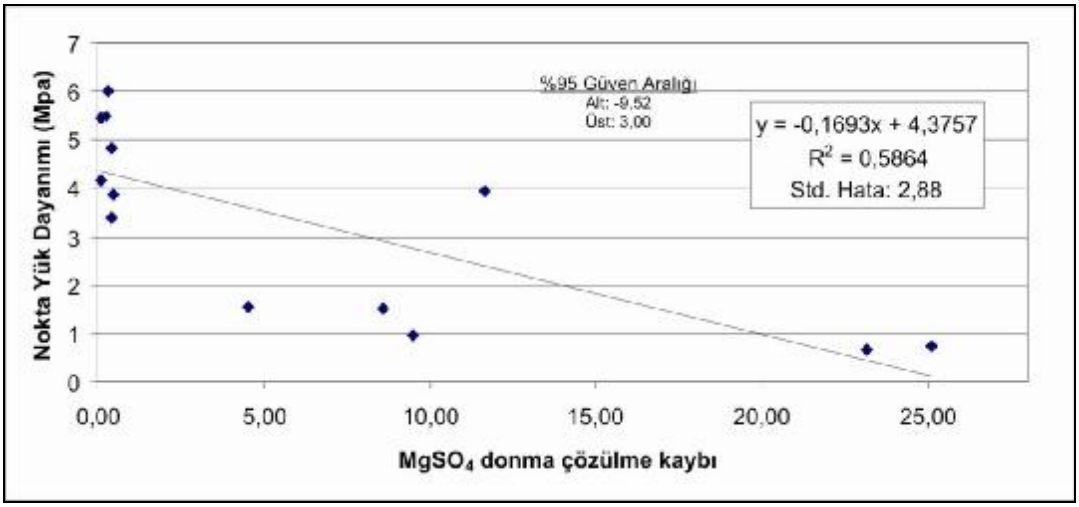
Şekil 4.69. Nokta yük dayanımı ile kırılma tokluğu değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.70. Nokta yük dayanımı ile birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki.

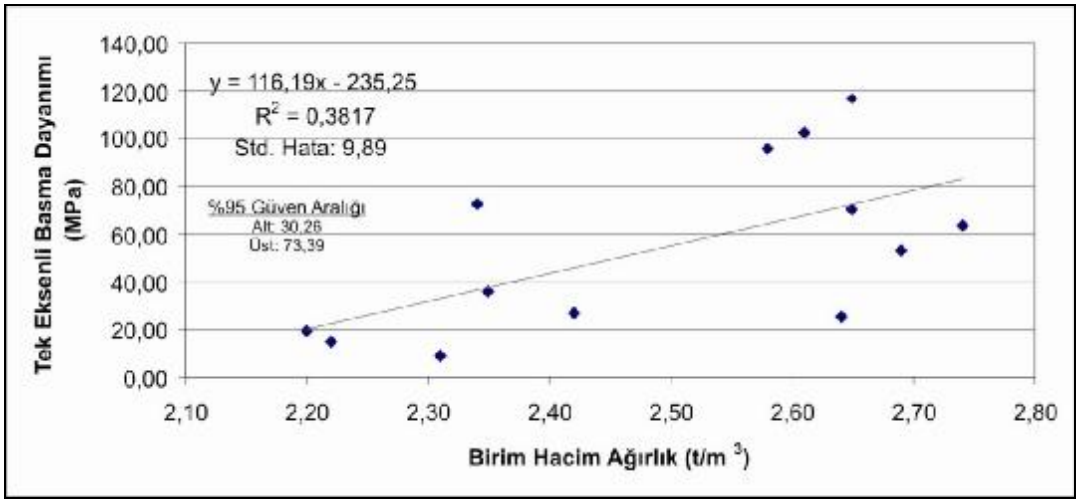


Şekil 4.71. Nokta yük dayanımı ile metilen mavisi emme değerleri arasındaki ilişki.

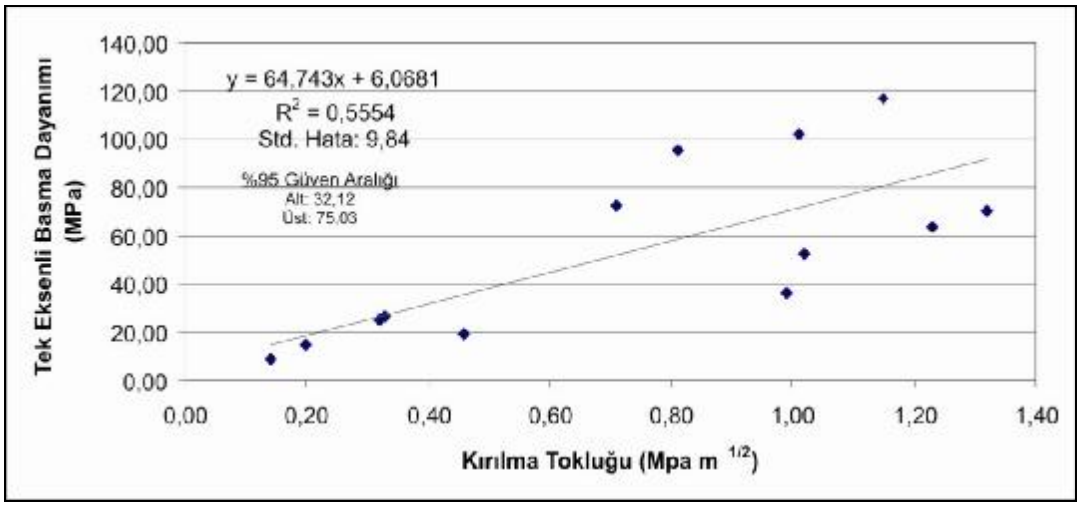


Şekil 4.72. Nokta yük dayanımı ile $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı değerleri arasındaki ilişki.

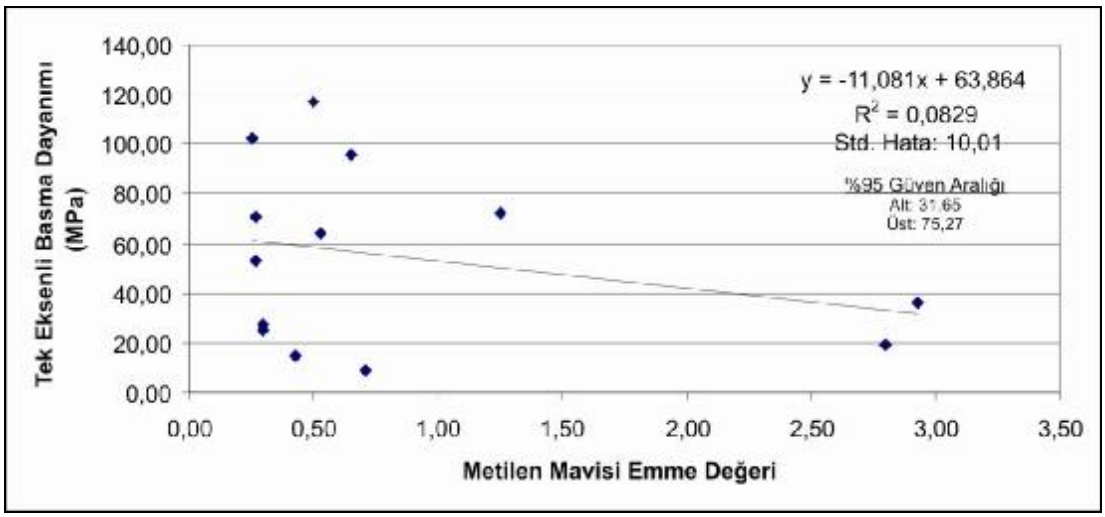
Ayrıca, tek eksenli basma dayanımı değerleri ile metilen mavisi emme değeri, kırılma tokluğu değeri, birim hacim ağırlık değeri ve $MgSO_4$'da donma çözülme değerleri arasındaki ilişkilere bakılmıştır (Şekil 4.73-4.76). Metilen mavisi emme değeri ile $MgSO_4$'da donma çözülme değer tek eksenli basma dayanımı değerleri ile azalan bir ilişki gösterirken diğer deneyler arasında artan bir ilişki bulunmuştur. Deneyler arasındaki ilişkilere bakıldığında metilen mavisi emme değeri ile tek eksenli basma dayanımı ve nokta yük dayanımı ile metilen mavisi emme değerleri arasında çok düşük bir korelasyon değeri elde edilmektedir.



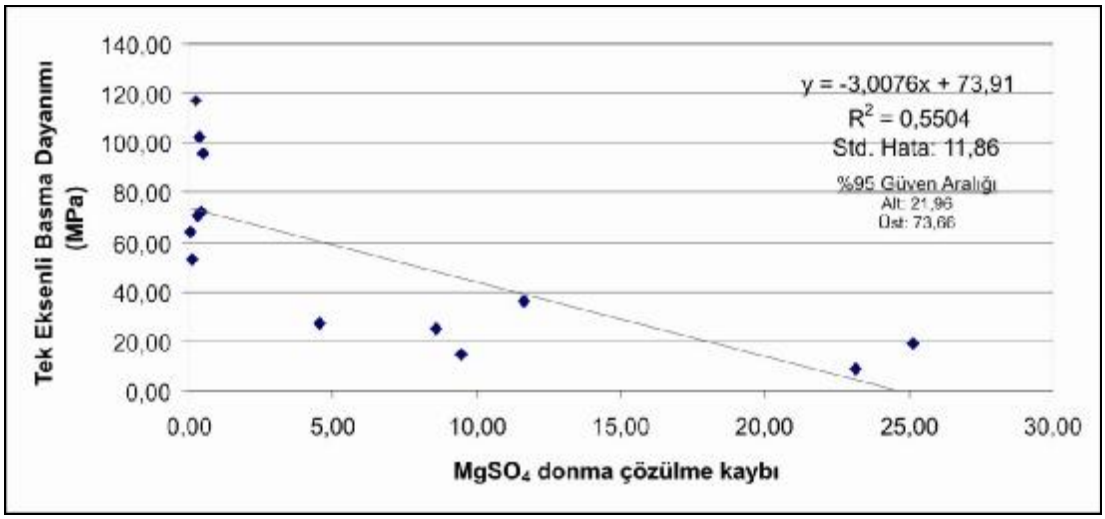
Şekil 4.73. Tek eksenli basma dayanımı ile birim hacim ağırlık değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.74. Tek eksenli basma dayanımı ile kırlıma tokluğu değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.75. Tek eksenli basma dayanımı ile metilen mavisi emme değerleri arasındaki ilişki.



Şekil 4.76. Tek eksenli basma dayanımı ile $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı değerleri arasındaki ilişki.

Bu sonuçlara göre, özellikle metilen mavisi emme değeri, tek eksenli basma dayanımı ve $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı değeri için CIRIA/CUR (2007)'de verilen sınır değer aralığının bu deneyler için yeniden düzenlenmesinin iyi olacağı ve böylelikle CIRIA/CUR (2007) standardında belirtilen sınırlamalarda uyumluluk sağlanacağı düşünülmektedir.

4.4.12.2. Kaya Mühendisliği Sınıflama Sistemi (RERS)

Kaya koruma yapıları (Anroşman) için CIRIA/CUR (1991; 2007) sınıflama sistemi dışında kullanılan bir diğer sistem, kaya mühendisliği sınıflama sistemi (RERS)'dir. Lienhart (1998) tarafından önerilen bu sistem koruma taşı olarak kullanılabilecek uygun malzeme kaynağının belirlenmesi ve değerlendirmesindeki işlemleri içerir. Bu sistemde, bir malzeme ocağındaki kayanın üretim ve test yöntemleri, kayanın taze ve bozulmuş kısımlarının kalitesi incelenmektedir. Malzemenin taşınması ve yerleştirilmesi gibi süreçler değerlendirilir. Kaya mühendisliği sınıflama sistemi, diğer yöntemlere göre kaynak kaya hakkında daha geniş bir veri aralığını göz önüne almakta ve karşılaştırmaktadır. Bu yöntemde, araştırmacıların tecrübeleri ve yerinde gözlemlere bağlı olarak hesaplanan değerler ve o değerlerin içinde kaldığı sınırlar çalışmacılara göre düzenlenebilir (Lienhart, 1998). Bu yöntemin uygulanmasında, jeolojik faktör, üretim faktörleri ve kayanın özellikleri en önemli ölçütlerdir.

Jeolojik ölçütte; litoloji, kaya malzemesinin ayrışma derecesi, süreksizlik analizi, yeraltısuyu ve bölgesel gerilmeler dikkate alınmaktadır. Üretim yöntemi ölçütünde ise üretim yöntemi, kaya kalitesi, depo ömrü ve blok sağlamlığı değerlendirilmektedir. Bu iki yöntem daha çok sahada mühendisin yapacağı gözlemler ile puanlandırılmaktadır. Kaya özelliği ölçütünde ise; petrografi, birim hacim ağırlık, su emme, sonik hız, nokta yük dayanımı, tek eksenli basma dayanımı, Los Angeles aşınma dayanımı, $MgSO_4$'da donma-çözünme kaybı değerleri gibi deneylerden elde edilen değiştirgeler kullanılmaktadır (bkz EK-1).

Koruma yapısının kaya mühendisliği sınıflama sistemi yapılırken, farklı değiştirgeler için sebep-etki dereceleri ve bu derecelere ait indeks sayılar belirlenmektedir (Lienhart, 1998). Bu indeks sayılar kaya malzemesinin durumuna bağlı olarak Lienhart (1998) tarafından verilen şekilde kullanılmaktadır (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Kaya mühendisliği sınıflama sistemi için sebep-etki derecesi ve indeks sayıları (Lienhart, 1998)

Ölçüt	Sebep-etki derecesi	İndeks sayısı
Litolojik sınıflama	11.31	0.74
Bölgesel gerilim	14.14	0.93
Ayrışma derecesi	14.14	0.93
Süreksizlik analizi	18.38	1.20
Yer altı suyu durumu	14.14	0.93
Üretim yöntemi	15.56	1.02
Kaya kalitesi	15.56	1.02
Stoklama	13.43	0.88
Blok bütünlüğü	15.56	1.02
Petrografik değerlendirme	18.38	1.20
Sonik hız (km/sn) Nokta yük dayanımı (MPa) Schmidt çekici dayanımı Los Angeles aşınma kaybı	16.97	1.11
Özgül Ağırlık Su emme (%)	15.56	1.02
$MgSO_4$ donma kaybı(%) Donma-erime kaybı (%) Islanma-kuruma kaybı (%)	15.56	1.02

Lienhart (1998) tarafından önerilen kaya mühendisliği sınıflama sistemine (RERS) göre kayanın kalite derecesi bulunurken, arazi ve deneysel verilerışığında, kaya malzemesi, mükemmel, iyi, orta ve zayıf olmak üzere dört farklı değerde sınıflandırılmakta ve her birine bir sayısal değer verilmektedir (Çizelge 4.31). Bu sınıflamaya bağlı olarak kayanın her bir ölçütü için bir sayısal değer verilerek bu değerlerin önerilen indeks sayısı ile çarpımı sonucunda da her bir ölçüte ait ağırlıklı

değerler hesaplanmaktadır. Hesaplama aşamasında son işlemde, bulunan ağırlıklı değerler toplamı, ölçüt sayısına bölünerek kaya malzemesine ait kalite derecesi bulunmaktadır.

Çizelge 4.31. Kaya mühendisliği sınıflama sistemine bağlı kaya koruma sınıfı değerleri.

Önerilen değer	Sınıfı
4	Mükemmel
3	İyi
2	Orta
1	Zayıf

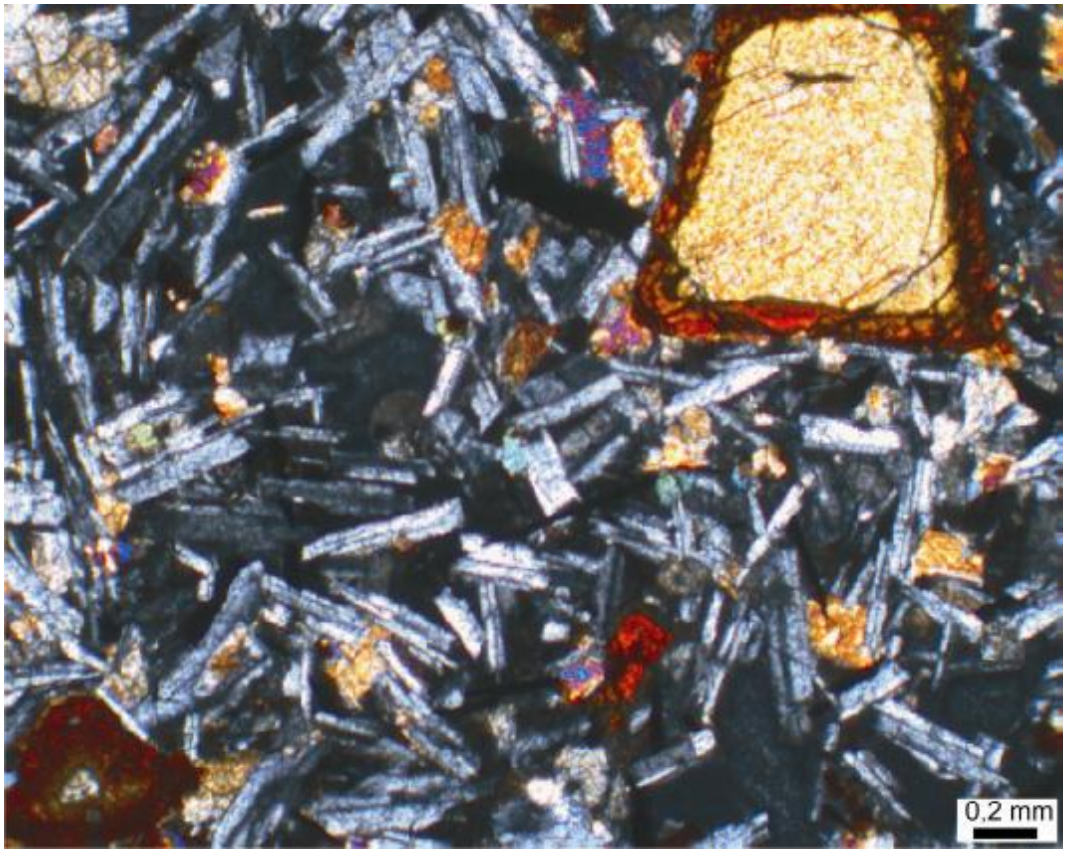
Bu çalışmada RERS (1998)'e göre kaya kalitesi hesaplandığında, kayanın litolojik özellikleri, çalışma alanındaki bölgesel gerilmelerin etkisi, kayanın ayrışma ve süreksizlik durumları, üretim ve stoklama koşulları, eklem durumları ve blok bütünlüğü, petrografik özellikler ve deneysel sonuçlar ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Kayanın litolojik olarak tanımlanmasında, kayanın masif yapısı ile kil içeriği ve gözenekliliğine bağlı değişimler göz önünde bulundurulmuştur. Boşluklu bazaltın ve kristalize kireçtaşının yapısındaki boşluk ve ayrışma yüzeyleri nedeniyle litolojik derecesi orta sınıfta, masif bazaltta ve mikritik kireçtaşında ise kayanın yapısının homojenliği nedeniyle litolojik derecesi mükemmel sınıfta değerlendirilmiştir.

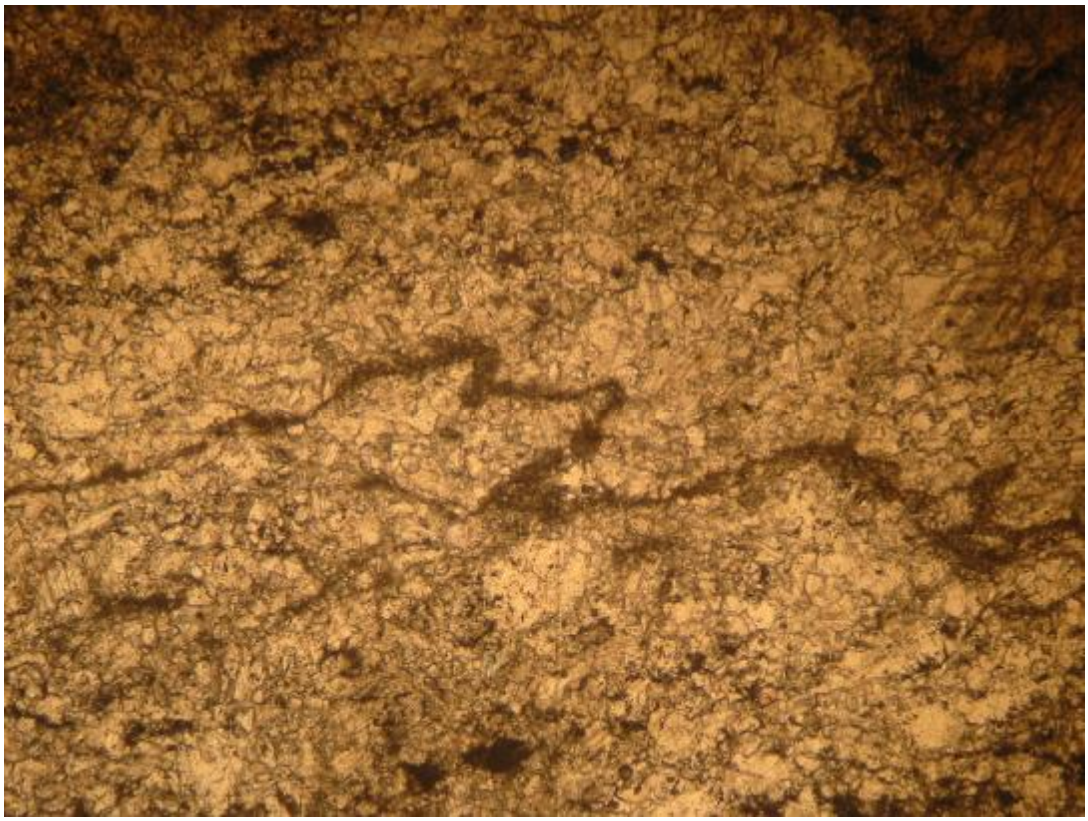
Bölgesel gerilmeler ise masif bazalt için kayanın Kuvaterner yaşlı olması ve derine doğru gidildikçe eklemlerin azalması nedeniyle mükemmel olarak derecelendirilmiştir. Boşluklu bazaltlar yüzeye yakın yerlerde genelde prizmatik debili olmalarından dolayı orta derecede değerlendirilmiştir. Kireçtaşları ise, olistolit kütleler halinde bulunmaktadır. Bu nedenle, kireçtaşlarının geçmiş dönemlerde tektonizmadan en fazla etkilenen kayalar olması ve yüksek gerilim koşullarında gelişen paralel çatlaklar gözlenmesinedeniyle orta derecede değerlendirilmiştir.

Ayrışma derecesine göre yapılan değerlendirmede, masif bazalt ve mikritik kireçtaşında ana yüzeyde boyanma şeklinde az derecede ayrışma gözlenmektedir. Boşluklu bazalt ile kristalize kireçtaşında ise, el örneğinde orta derecede ayrışma gözlenmektedir. Ayrışma durumu ayrıntılı olarak ince kesitte gözlenmektedir.

Boşluklu bazaltlarda gözlenen iddingsitleşme (Şekil 4.77) ve kristalize kireçtaşında gözlenen stilolit (Şekil 4.78) oluşumları bu iki kayadaki en zayıf düzlemleri oluşturmaktadır. Bu nedenle kaya malzemesi masif bazalt ve mikritik kireçtaşında iyi, boşluklu bazalt ve kristalize kireçtaşında orta derecede değerlendirilmiştir. Tüm kaya özelliklerini etkilemesi açısından ayrışma bu değerlendirme ölçütleri içersinde en önemli değiştirgedir. Bu gibi çalışmalarda ayrışmanın çok dikkatli bir şekilde tanımlanması gerekmektedir. Ocak işletmeciliği sırasında da ayrışma profili sürekli gözlenmeli ve işletme ona göre yönlendirilmelidir.



Şekil 4.77. Boşluklu bazaltlarda gözlenen ayrışma durumu.



Şekil 4.78. Kristalize kireçtaşlarında gözlenen stilolit oluşumları.

Çalışma sahasında gözlemsel incelemeler sonucunda yapılan süreksizlik değerlendirmesine göre, boşluklu bazaltta gözlenen prizmatik soğuma çatlakları ve kristalize kireçtaşında gözlenen eklemli yapılar nedeniyle her iki kayada süreksizlik açısından orta sınıfta değerlendirilmiştir. Masif bazalt ve mikritik kireçtaşlarında ise eklem ara uzaklıklarının genelde 50 cm'den daha büyük olması nedeniyle bu iki kaya iyi kaya kalitesinde değerlendirilmişlerdir.

Üretim yöntemi açısından kayalar yorumlanacak olursa, üretim; kireçtaşlarında patlatmasız olarak yapılabilmektedir. Bu nedenle kireçtaşları mükemmel sınıfta değerlendirilmiştir (Şekil 4.79). Bazaltlarda ise patlatma ile sağlam kayaya ulaşılmaktadır. Bazaltlarda, üstteki boşluklu seviye sökülerek attaki masif kayaya geçilmeli ve masif kayada derine doğru kazı yapılarak uygun kaya malzemesi çıkarılmalıdır. Bu nedenle bazaltlarda üretim yöntemi orta derecede değerlendirilmiştir.



Şekil 4.79. Çalışma alanındaki mikritik kireçtaşında açılan bir ocağa ait görüntü.

Stoklamada, boşluklu bazaltın dışındaki kayalar iki aydan fazla stoklanabilir özelliktedir. Bu nedenle bu kayalar iyi sınıfta değerlendirilmiştir. Boşluklu bazaltların ise kırılma tokluğu değerleri, gerek taşınma sırasında gerekse stokta yığın halinde bekletilmesi sırasında parçalanmanın olacağını göstermektedir. Bu nedenle boşluklu bazaltlar orta sınıfta değerlendirilmiştir.

Kaya kütlesinin eklemli yapısına ve kayacın içyapısına bağlı olan blok verebilme özelliği, boşluklu bazaltlarda boşluk yapısı ve soğuma çatlakları nedeniyle orta, kristalize kireçtaşındaki eklemli ayrışma yüzeyleri iyi, masif bazalt ve mikritik kireçtaşında mükemmel sınıfta değerlendirilmiştir.

Standartlarda belirtildiği şekillerde, iki ay istiflendikten sonra blokların, istiflenme, aşırı patlatma veya diğer sebeplerden dolayı çatlak ve bozunma özelliklerinin değişimine bağlı olarak değerlendirilen blok bütünlüğü değeri, boşluklu bazaltta orta, kristalize kireçtaşında iyi, masif bazalt ve mikritik

kireçtaşında ise mükemmel sınıfta değerlendirilmiştir. Buradaki sınıflandırma tamamen mühendisin arazideki gözlemlerine bağlı olarak verilmektedir.

Petrografik değerlendirmede ise, boşluklu bazaltlar, ince kesitlerinde gözlenen mikroçatlak yoğunluğu ve %65'e varan iddingsitleşme nedeniyle orta sınıfta değerlendirilmiştir. Kristalize kireçtaşları üzerinde yapılan petrografik analizde, bu kayada gözlenen erime boşlukları ve basınç nedeniyle meydana gelen stilolit oluşumları nedeniyle bu kaya da puanlama orta sınıfta değerlendirilmiştir. Masif bazaltta gözlenen mikroçatlaklar ve mikritik kireçtaşında gözlenen karbonat çamuru yapısı nedeniyle oluşacak zayıflık düzlemlerinin etkisinin az olacağı düşüncesiyle bu kayalar iyi sınıfta değerlendirilmiştir.

Seçilen kaya malzemeleri üzerinde yapılan deneyler sonucunda, nokta yük dayanımı, su emme değeri ve $MgSO_4$'da donma çözülme değerlerine bağlı olarak Lienhart (1998) tarafından önerilen indeks sayılar alınmış ve kaya malzemesinin kalite özellikleri bu deneylere göre derecelendirilmiştir.

Dört farklı kaya için yapılan kaya mühendisliği sınıflama sistemi (RERS) derecesine göre kaya dolgu koruma yapısı (Anroşman-Armourstone) olarak kullanılacak malzemelerin kalite puanları, yukarıda belirtilen ölçütler göz önünde bulundurularak hesaplanmıştır (Çizelge 4.32-4.35). Çalışma alanı içersinde kalan bölgede, arazi ve laboratuvar deneyleri sonucunda hesaplanan kaya kalitesi değerlerine göre en yüksek puan mikritik kireçtaşında elde edilmiştir. Kaya mühendisliği sınıflama sistemine göre yapılan değerlendirmede mikritik kireçtaşında 3.51 (iyi) değeri elde edilmiştir. Aynı şekilde yapılan değerlendirmelerde masif bazaltta, boşluklu bazaltta ve kristalize kireçtaşında sırasıyla 3.35 (iyi), 2.45 (orta) ve 2.83 (orta) değerleri elde edilmiştir. Bu çalışmada ele alınan kayaların laboratuvar ve saha performansları CIRIA/CUR (2007) ve RERS'e göre kıyasladığında sonuçlar biri birine uyumlu çıkmaktadır. Gerek ülkemizde DLH (2007) ve TSE (2004) tarafından önerilen ve gerekse dünya genelinde yaygın olarak kullanılan bu iki standarda göre çalışma alanında bulunan masif bazalt ve mikritik kireçtaşları iyi kalitede, boşluklu bazalt ile kristalize kireçtaşları ise orta kalitede çıkmaktadır.

Çizelge 4.32. Masif bazaltın kalite değerlendirmesi

Ölçüt Tipi	Ölçüt	Kalite Değerlendirmesi							
		Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*	a) Sınıflandırma değeri	b) Sebep-etki derecesi	c) İndeks sayısı	d) Ağırlıklı değer
Jeolojik Ölçüt	Litolojik tanımlama	√				4	11.31	0.74	2.96
	Bölgesel gerilimler	√				4	14.14	0.93	3.72
	Ayrışma derecesi		√			3	14.14	0.93	2.79
	Süreksizlik analizi		√			3	18.38	1.20	3.60
	Yeraltı suyu	√				4	14.14	0.93	3.72
Üretim Yöntemi	Üretim yöntemi		√			3	15.56	1.02	3.06
	Stoklama		√			3	15.56	1.02	3.06
	Kaya kalitesi	√				4	13.43	0.88	3.52
	Blok bütünlüğü	√				4	15.56	1.02	4.08
Kaya Özelliği	Petrografik değerlendirme		√			3	18.38	1.20	3.60
	Nokta Yük Dayanımı (MPa)		√			3	16.97	1.11	3.33
	Su Emme (%)		√			3	15.56	1.02	3.06
	$MgSO_4$ donma kaybı (%)	√				4	15.56	1.02	4.08
						Ortalama =	***15.28***	**Derece =**	**3.35 (İyi)**

Çizelge 4.33. Boşluklu bazaltın kalite değerlendirmesi

Ölçüt Tipi	Ölçüt	Kalite Değerlendirmesi							
		Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*	a) Sınıflandırma değeri	b) Sebep-etki derecesi	c) İndeks sayısı	d) Ağırlıklı değer
Jeolojik Ölçüt	Litolojik tanımlama			√		2	11.31	0.74	1.48
	Bölgesel gerilimler		√			3	14.14	0.93	2.79
	Ayrışma derecesi			√		2	14.14	0.93	1.86
	Süreksizlik analizi			√		2	18.38	1.20	1.40
	Yeraltı suyu	√				4	14.14	0.93	3.72
Üretim Yöntemi	Üretim yöntemi		√			3	15.56	1.02	3.06
	Stoklama			√		2	15.56	1.02	2.04
	Kaya kalitesi			√		2	13.43	0.88	1.76
	Blok bütünlüğü			√		2	15.56	1.02	2.04
Kaya Özelliği	Petrografik değerlendirme			√		2	18.38	1.20	2.40
	Nokta Yük Dayanımı (MPa)			√		2	16.97	1.11	2.22
	Su Emme (%)		√			3	15.56	1.02	3.06
	$MgSO_4$ donma kaybı (%)	√				4	15.56	1.02	4.08
						Ortalama =	***15.28***	**Derece =**	**2.45 (Orta)**

Çizelge 4.34. Kristalize kireçtaşı kalite değerlendirmesi

Ölçüt Tipi	Ölçüt	Kalite Değerlendirmesi							
		Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*	a) Sınıflandırma değeri	b) Sebep-etki derecesi	c) İndeks sayısı	d) Ağırlıklı değer
Jeolojik Ölçüt	Litolojik tanımlama			√		2	11.31	0.74	1.48
	Bölgesel gerilimler		√			3	14.14	0.93	2.79
	Ayrışma derecesi			√		2	14.14	0.93	1.86
	Süreksizlik analizi			√		2	18.38	1.20	1.40
	Yeraltı suyu	√				4	14.14	0.93	3.72
Üretim Yöntemi	Üretim yöntemi	√				4	15.56	1.02	4.08
	Stoklama		√			3	15.56	1.02	3.06
	Kaya kalitesi		√			3	13.43	0.88	2.64
	Blok bütünlüğü		√			3	15.56	1.02	3.06
Kaya Özelliği	Petrografik değerlendirme			√		2	18.38	1.20	2.40
	Nokta Yük Dayanımı (MPa)			√		2	16.97	1.11	2.22
	Su Emme (%)	√				4	15.56	1.02	4.08
	$MgSO_4$ donma kaybı (%)	√				4	15.56	1.02	4.08
						***Ortalama* =**	***15.28***	**Derece =**	**2.83 (Orta)**

Çizelge 4.35. Mikritik kireçtaşı kalite değerlendirmesi

Ölçüt Tipi	Ölçüt	Kalite Değerlendirmesi							
		Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*	a) Sınıflandırma değeri	b) Sebep-etki derecesi	c) İndeks sayısı	d) Ağırlıklı değer
Jeolojik Ölçüt	Litolojik tanımlama	√				4	11.31	0.74	2.96
	Bölgesel gerilimler		√			3	14.14	0.93	2.79
	Ayrışma derecesi		√			3	14.14	0.93	2.79
	Süreksizlik analizi		√			3	18.38	1.20	3.60
	Yeraltı suyu	√				4	14.14	0.93	3.72
Üretim Yöntemi	Üretim yöntemi	√				4	15.56	1.02	4.08
	Stoklama		√			3	15.56	1.02	3.06
	Kaya kalitesi	√				4	13.43	0.88	3.52
	Blok bütünlüğü	√				4	15.56	1.02	4.08
Kaya Özelliği	Petrografik değerlendirme		√			3	18.38	1.20	3.60
	Nokta Yük Dayanımı (MPa)		√			3	16.97	1.11	3.33
	Su Emme (%)	√				4	15.56	1.02	4.08
	$MgSO_4$ donma kaybı (%)	√				4	15.56	1.02	4.08
						Ortalama =	***15.28***	**Derece =**	**3.51 (İyi)**

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmayla, taş dolgu kıyı koruma (Anroşman-Armourstone) yapılarında kullanılacak malzemelerin deneysel özellikleri ve ölçütlerinin uygunluğu tartışılmış ve Yumurtalık (Doğu Akdeniz) bölgesinde bulunan masif bazalt, boşluklu bazalt, kristalize kireçtaşı ve mikritik kireçtaşlarının performansları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

5.1. Sonuçlar

1. Çalışma alanında, mühendislik jeolojisi açısından kıyı koruma yapılarında kullanılabilir özellikte, masif bazalt, boşluklu bazalt, kristalize kireçtaşları ve mikritik kireçtaşlarının bulunduğu belirlenmiştir.
2. Çalışma alanındaki bazaltlar üzerinde sondaj çalışmaları yapılarak karot örnekler alınmıştır. Üzerinde sondaj yapılan bazaltlarda düşeyde üç ayrı seviye gözlenmiştir. Bazaltlarda, yüzeyden itibaren yaklaşık 4m boşluklu, daha sonra masif ve yaklaşık 12m'den sonra tekrar boşluklu bir seviyeye rastlanmıştır.
3. Farklı seviyelerdeki bazaltlardan alınan örnekler üzerinde yapılan kimyasal analizlerde yüzeye yakın boşluklu ve masif yapıdaki bazaltların alkali karakterde olduğu, yaklaşık 12m'den sonra gözlenen bazaltların ise sub-alkali karakterde olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, bölgede gelişen bazalt çıkışlarının farklı dönemlerde meydana gelen iki ayrı çıkış halinde olduğu belirlenmiştir.
4. Belirlenen dört farklı kaya üzerinde yapılan petrografik incelemelerde, masif ve boşluklu bazaltlarda egemen mineral grubu genellikle plajiyoklas olarak belirlenmiştir. Kesitler içersinde ayrıca olivin fenokristalleri ile opak mineraller de gözlenmektedir. Özellikle yüzeye yakın ve derin kesimde bulunan boşluklu bazaltlardaki olivin minerallerinde yoğun ayrışma gözlenmektedir. %65'e varan ayrışmanın ve kayadaki boşluklu yapının kayanın dayanım özellikleri üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır.

Kristalize kireçtaşlarının ise, başlıca orta-kaba kristalen, belirgin ikizlenmeli kalsitlerden oluştuğu gözlenmiştir. Yer yer kataklastik yapılıdır. Ayrıca, demirli killi dolgulu stilolit oluşumları da seyrek olarak gözlenmektedir. Kristalize kireçtaşındaki bu yapının kayanın dayanım özellikleri üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. İncelenen bir diğer kaya olan mikritik kireçtaşlarının ise, fosilli, karbonat iskeletli parçaların etrafında bulunan, koyu renkli, ince taneli mikrit zarfından oluştuğu, ayrıca, iki yönde belirgin gelişmiş kırıklar ile erime sonucu gelişen boşlukların spari kalsit dolgulu olduğu belirlenmiştir.

5. Mekanik deneylerin bazıları kuru, normal suya doygun ve deniz suyuna doygun olmak üzere üç ayrı koşulda yapılmıştır. Suya doygun deneylerde kullanılan normal musluk suyu ile deniz suyuna doygun kaya malzemelerde elde edilen mekanik deney değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Deniz suyunun etkisinin ortaya konması amacıyla yapılan bu deneylerde en anlamlı farklılık, tuzlu suyun iletkenliğinden kaynaklanan, sonik hız değerlerinin belirlenmesi aşamasında ortaya çıkmıştır. Bu gibi analizlerde suya doygun malzemedeki sonik hız deneyi için normal suyun kullanılmasının daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir.
6. Laboratuar sonuçlarına göre masif bazalt ile mikritik kireçtaşları yüksek mekanik değerler gösterirken, boşluklu bazalt ile kristalize kireçtaşları daha düşük mekanik değerler göstermektedir.
7. CIRIA/CUR (2007)'e göre kaya malzemesinin kalitesi değerlendirildiğinde, masif bazaltlar ile mikritik kireçtaşları, taş dolgu kıyı koruma yapısında, koruyucu tabakada, filtre tabakasında ve çekirdek kısmında kullanılabilir özellikte bulunmuştur. Boşluklu bazaltlar ile kristalize kireçtaşlarının ise yapılan deneyler sonucunda koruma yapısının çekirdek kısmında kullanılabileceği belirlenmiştir.
8. Kaya mühendisliği sınıflama sistemine (RERS, 1998) göre yapılan değerlendirmede ise, mikritik kireçtaşında ve masif bazaltta sırasıyla 3.51 (iyi) ve 3.35 (iyi) değerleri, boşluklu bazaltta ve kristalize kireçtaşında ise sırasıyla 2.45 (orta) ve 2.83 (orta) değerleri elde edilmiştir.

9. Kaya kalitesinin belirlenmesi amacıyla kayaların laboratuvar ve saha performansları CIRIA/CUR ve RERS standartlarında kıyasladığında, yapılan puanlamalardan elde edilen sonuçlar birbiriyle uyumluluk göstermektedir.
10. CIRIA/CUR (2007)'de ve RERS (1998)'de verilen sınır değerler arasında yapılan değerlendirmelerde kayaya ait ortalama puan ile özellikle metilen mavisi emme değeri, tek eksenli basma dayanımı ve $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı deneylerinde verilen sınırlarda hatalı yaklaşımların olduğu belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

Taş dolgu kıyı koruma yapılarında, ülkemizde ve dünya genelinde kabul gören standartlara göre, çalışma alanı içerisinde kalan kayalar değerlendirilmiş ve yukarıda belirtilen sonuçlar bulunmuştur. Bu değerlendirmeler yapılırken gözlenen bazı eksiklikler ileride yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Deniz içersinde kullanılacak kaya malzemelerinde mekanik deneyler suya doygun şekillerde yapılmalıdır. Bu çalışmanın deney aşamasında su olarak, normal musluk suyu ve daha tuzlu özellikteki deniz suyu kullanılmıştır. Örnekler, deney öncesi yaklaşık üç ay suda bekletilmiştir. Gerek örneklerin tamamının homojen yapıda olmaması gerekse suda bekletme sürelerinin kısalığı nedeniyle iki farklı su altındaki örneklerin mekanik özellikleri arasında büyük farklılıklar gözlenmemiştir. İleride yapılacak başka bir çalışmada, kaya malzemelerin uzun süreli olarak farklı sular altındaki mekanik deney değerlerinin ölçülmesi ve varsa farklılıkların belirlenmesi yararlı olacaktır.
2. Bu çalışmada, kaya kalitesinin belirlenmesi amacıyla bulunan deney sonuçları, dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılan standartlara göre değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda özellikle bazı deneyler için verilen puanların kaya malzemesinin tüm deneyler sonucunda hesaplanan

ortalama puana uymadığı belirlenmiştir. Özellikle metilen mavisi emme değeri, tek eksenli basma dayanımı ve $MgSO_4$'da donma çözülme kaybı puanları ile kaya malzemesine ait ortalama puanlar kaşılaştırıldığında ve deneyler arası korelasyonlar yapıldığında bu deneyler için verilen sınırların yeniden gözden geçirilmesi önerilmektedir.

3. Kaya kalitesi olarak zayıf kalitedeki kayaların taş dolgu kıyı koruma yapılarında kullanımları uygun değildir. Orta kalitedeki kayaların ise koruma yapısının çekirdek kısmında kullanılabileceği standartlarda belirtilmiştir. Bu gibi kayaların ekonomik nedenlerle koruma yapısının dış kısımlarında kullanılması durumunda taş dolgunun özellikle ortalama deniz seviyesinde ve dalga etkisinde olan kısmına kaya kalitesi yüksek bir malzemenin, daha uzak bir alandan getirilerek yerleştirilmesinin daha uygun olacağı düşünülmektedir. Böylece dalga hareketlerinin yaratacağı aşınmanın yapıya vereceği zarar ortadan kaldırılabilir.
4. Özellikle çalışma alanının bulunduğu İskenderun Körfezinin kıyı kesimlerinde birçok liman ve kıyı koruma yapısı bulunmaktadır. Geçmiş yıllara kadar ülkemizde bu gibi yapılarda kullanılacak malzemenin değerlendirilmesinde tek ölçüt olarak kaya kütlesinin birim hacim ağırlığı değeri kullanılmaktaydı. Bu çalışmada görülmektedir ki malzeme seçiminde kayanın birim hacim ağırlığı değerinin tek başına ölçüt olarak kullanılması mümkün değildir. Bu nedenle yapılacak başka bir çalışmada özellikle bölgede mevcut olan kaya koruma yapıları incelenmeli, varsa kaya kalitesinden kaynaklanan hatalar belirlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

KAYNAKLAR

AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials), 1988. Manual on Subsurface Investigations. 1 st Edition, p 410.

ACIR, Ö., ve TOPAL, T., 2005. Helald (Sinop) dalgakıranında dolgu malzemesi olarak kullanılacak kayaların kalitelerinin belirlenmesi. Mühendislik Jeolojisi Bülteni, 21, 1-17.

ACIR, Ö., ve KILIÇ, R., 2007. Samsun Limanı Ana (Kuzey) Mendireği Anroşmanlarının Duraylılığının İncelenmesi. 60. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 16-22 Nisan 2007, Ankara, p.301-302.

ACAR, A., TAGA, H., DİNÇER, İ., 2004. Liman Dolgusunda Kullanılacak Pliyo-Kuvaterner Bazaltların (Yumurtalık-Adana) Fiziko-mekanik Özelliklerin İncelenmesi. KAYAMEK 2004-VII. Bölgesel Kaya Mekanigi Sempozyumu, 77-84.

AFNOR (L'Association Francaise de Normalization) 1980, Essai au bleu de methylene, AFNOR 80181. Paris La Defence., 18-592.

ALTINDAĞ, R., 2000. Kayalarda Kırılma Tokluğu ve Diğer Mekanik Özellikler Arasındaki İlişkiler. DEÜ Müh.-Mim. Fak., Fen ve Mühendislik Dergisi, cilt:2, sayı:2, s:39-47.

AMBRASEYS, N.N., 1985. Intensity-attenuation and magnitude-intensity relationships for Northwest European earthquakes. Earthq. Engng Struct. Dyn. 13: 733–778.

ANON, 1979, Classification of rocks and soils for engineering Geological mapping, Part I: Rock and soil materials, Bulletin of International Association of Geology, No:19, 364-371.

ARGER, J., MİTCHELL, J., WESTAWAY, R. W. C., 2000. Neogene and Ouaternary volkanism of southeastern Turkey. Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, special Publications, 173.

ASTM, E 399, Standard test method for plane-strain fracture toughness of metallic

materials.

ASTM, E 813, Standard test method for J1C, a measure of fracture toughness.

ASTM, 1989. Standard test method for resistance to degradation of large-size coarse aggregate by abrasion and impact in the Los Angeles Machine. C535, Annual Book of of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, West Conshocken, PA., 285-287.

ASTM C295, 1991. Standard Guide for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete, 9p.

ASTM D2845-00, 2003. Standard test method for laboratory determination of pulse velocities and ultrasonic elastic constants of rock. In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, PA., 292-297.

BARNES, H. L., 1979. Geochemistry of hydrotermal ore deposits, John Wiley and Sons, new York. p 798.

BEARMAN, R.A., 1991. The application of rock mechanics parameters to the prediction of crusher performance. Ph.D. Thesis, Camborne School of Mines.

BEARMAN, R.A., 1999, The use of the point load test for the rapid estimation of Mode I fracture toughness: International Journal of Rock Mechanics and Mineral Sciences, 36, 257-263.

BIENIAWSKI, Z. T., 1975. The point load test in geotechnical practice. Engineering Geology, Vol. 9, 1-11.

BİLGİN, Z. ve ERCAN, T., 1981. Ceyhan – Osmaniye Yöresindeki Kuvaterner Bazaltların Petrolojisi. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, cilt:24, s: 22-30.

BİNAL, A., KASAPOĞLU, K.E., and GÖKÇEOĞLU, C., 1997. The surfical physical deterioration behaviour of Neogene volcano-sedimantery rocks of Eskişehir-Yazılıkaya, NW Turkey. Proc. Int. Symp. on Engineering Geology and the Environment, Athens, Greece, A.A. Balkema, Rotherdam, V3, 3065-3069.

BOYRAZ, O., 2002. Demirtaş – Sarımazı (Adana – Yumurtalık) arasının tektono-stratigrafisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans

Tezi, s 46, (yayınlanmamış).

BROCH, E., FRANKLİN, J. A. (1972): Point-load strength test. Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 9(6), 669–697.

BROOK, N., 1990. Testing Methods for Rock Mechanics. Mining Engineering Department, Leeds University, UK, (basılmamış ders notları).

BS EN 1926;1999. Natural stone test methods. Determination of compressive strength, London.

BS 6349-7, 1991. Maritime structures. Guide to the design and construction of breakwaters. British Standards Institution, London.

BS 7448 : Part 1 : 1991, Fracture mechanics toughness tests, Part 1. Method for determination of K1C, critical CTOD and critical J values of metallic materials - this combined, extended and replaced BS 5447 (*K1C*) and BS 5762 (CTOD).

BS 6349-4, 1994. Maritime structures. Design of fendering and mooring systems. British Standards Institution, London.

BS EN 932-3, 1997. Tests for general properties of aggregates. Procedure and terminology for simplified petrographic description. British Standards Institution, London.

BS 5930, 1999. Code of Practice for Site Investigation. British Standards Institution, London.

BS 6349-1, 2000. Maritime structures. Code of practice for general criteria. British Standards Institution, London.

BS EN 13383-1:2002. Armourstone. Specification. British Standards Institution, London. 42p.

BS EN 13383-2:2002. Armourstone. Test methods. British Standards Institution, London. 46p.

CARGİLL, J. S., SHAKOOR, A. (1990): Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength of rock. Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 27(6), 495–503.

CETİN, H., LAMAN, M., ERTUNC, A., 2000. Settlement and slaking problems in the world's fourth largest rock-fill dam, the Ataturk Dam in Turkey. Engineering Geology, 56, p.225–242.

CHOU, K. T.,WONG, R. H. C. (1996): Uniaxial compressive strength and point load strength. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 33, 183–188.

CIRIA/CUR, 1991. Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering. CIRIA Special Publication 83, Report:154, London, 607p.

CIRIA, CUR, CETMEF 2007. The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering. 2nd edition. C683, CIRIA, London, 1234p.

CLARK, A.R., 1988. The use of Portland stone rock armour in coastal protection and sea defence Works. Quarterly Journal of Engineering Geology, 21, 13-136.

COLE, W. F., SANDY, M. J., 1980. A Proposed Secondary Mineral Rating for Basalt Road Aggregate Durability. Australian Road Research, 10 (3), p 27-37.

COUNTY ROADS BOARD, VİCTORİA, 1982. Test Method CRB 373.01. Secondary Mineral Content Using a Petrological Microscope. Manual of Testing Procedures, Vol. III. Victoria, Australia, p 1-6.

COX, K. G., BELL, J. D., PANKHURST, R.J., 1979. The Interpretation of Igneous Rocks, london, Allen and Unwin.

CUR, 1995. Manual on the use of rock in hydraulic engineering. CUR Report 169, Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving (CUR), Gouda.

D'ANDREA, D. V., FİSHER, R. L., FOGELSON, D. E. (1964): Prediction of compression strength from other rock properties. Colorado School of Mines Quarterly 59(4b), 623–640.

DAVİS, G. H., 1984. Structural Geology of Rocks and Regions, John Wiley and Sons, New York.

DEERE, D. U., 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes. Rock Mechanics and Rock Engineering, 1, 17-22.

DEERE, D. U., and MİLLER R. P., 1966. Engineering classification and index properties of intact rock. Technical Report No:AFNL-TR-65-116, Kirtland Air

Force Base Weapons Laboratory, New Mexico, 308 p.

DHAKAL, G., YONEDA, T., KATO, M., KANEKO, K., 2002. Slake durability and mineralogical properties of some pyroclastic and sedimentary rocks. Engineering Geology 65, 31–45.

DICK, J.A., SHAKOOR, A., 1995. Characterizing durability of mud rocks for slope stability purposes. Geological Society of America, Reviews in Engineering Geology 10, 121–130.

DİNÇER, İ., 2007. Çukurova Bölgesi Kaliçi, Kaliçi-Taraça Birimlerinin Jeomekanik ve Dinamik Davranışlarının Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, s 223, (yayınlanmamış).

DLH, 2007. Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları, 101s, Ankara.

DOYURAN, V., 1980. Dörtyol ve Erzin Ovalarının Hidrojeolojisi ve İşletme Çalışmaları. ODTÜ Müh. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü Doçentlik tezi, 88s (yayınlanmamış).

DURMUŞ, C., 2007. Mersin Bölgesi Kıyı Koruma Yapılarının İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s 90, (yayınlanmamış).

EDF-LNH, 1987. Le dimensionnement des digues a talus. Collection des etudes et recherches no 64. Eyrolles Ed, Paris, 172 pp.

EN 13383-1, 2002. Armourstone - Part 1: Specification.

EN 13383-2, 2002. Armourstone - Part 2: Test methods.

ERGÜL, S., 2003. Bazaltik tüflerin parçacık boyut ve biçimlerinin seramik çamur reolojisine etkilerinin araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s 170, (yayınlanmamış).

ERICKSON, R. L., 1993. Evaluation of limestone and dolomite armourstone durability from observations in the Great Lakes regions. In:Rock for erosion control. Philadelphia, pp 88-93.

ERTAS, B., TOPAL, T., 2008. Quality and durability assessments of the

armourstones for two ruble mound breakwaters (Mersin, Turkey). Environ Geol. 53: 1235-1247.

FENER, M., KAHRAMAN, S., BİLGİL, A., and GUNAYDİN, O.,2005. Tecnical Note: A Comparative Evaluation of Indirect Methods to Estimate the Compressive Strength of Rocks. Rock Mech. Rock Engng. (2005) 38 (4), 329–343.

FHWA, 1997. Corrosion /Degradation of Soil Reinorcements for Mechanically Stabilized Earth Walls and Reinforced Soil Slopes. Pup.No: FHWA-SA-96-072.

FOOKES, P. G., 1970. Discussion on Engineering Grade Zones, Proc. Conf. On In-situ Investigation in Soils and Rocks, British geotech. Soc., London, pp. 53-57.

FOOKES, P. G., DEARMAN, W. R., FRANKLİN, J. A., 1971. Some Engineering Aspect of Rock Weathering with Field Examples From Dartmoor and Elsewhere. Q.J. Engineering Gepl. Vol: 4, p 139-185.

FOOKES, P. G. and POOLE, A. B., 1981. Some preliminary considerations on the selection and durability of rock and concrete materials for breakwaters and coastal protection works. Q J Eng Geol 14:97-128.

FORSTER, I. R. (1983): The influence of core sample geometry on the axial point-load test. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr. 20(6), 291–295.

FRANKLIN, J.A., 1970, Observations and tests for engineering description and mapping of rocks. Proceedings of the Second Congress of the International Society for Rock Mechanics. Belgrade, Vol.1, 1-3

FRANKLIN, J.A., CHANDRA, A., 1972. The slake durability test. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 9, 325–341.

GAMBLE, J.C., 1971. Durability- plasticity Classification of Shales and Other Argillaceous Rocks. PhD Thesis, University of Illinois (unpublished).

GARY, M., MCAFEE, R., WOLF, C. L., 1972. Glossary of Geology, Washington, D.C (American Geological Institute).

GHOSH, D. K., SRİVASTAVA, M. (1991): Point-load strength: an index for

classification of rock material. Bull. Int. Assoc. Eng. Geol. 44, 27–33.

GOKCEOGLU, C., ULUSAY, R., SONMEZ, H., 2000. Factor affecting the durability of selected weak and clay bearing rocks from Turkey, with particular emphasis on the influence of the number of drying and wetting cycles. Engineering Geology 57, 215–237.

GRASSO, P., XU, S., MAHTAB, A. (1992): Problems and promises of index testing of rocks. Proc. 33rd US Symp. Rock Mech., Sante Fe, NM, Balkema, Rotterdam, 3–5 June 1992, 879–888.

GUNSALLUS, K. L., KULHAWY, F. H. (1984): A comparative evaluation of rock strength measures. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. 21, 233–248.

GUPTA, V., AHMED, I., 2007. The effect of pH of water and mineralogical properties on the slake durability (degradability) of different rocks from the Lesser Himalaya, India. Engineering Geology 95, p 79-87.

HARNOİS, L., 1988. The CIW Index, Sedi. Geol., 55, p 319-322.

HASSANİ, F. P., SCOBLE, M. J. J., WHİTTAKER, B. N. (1980): Application of point-load index test to strength determination of rock and proposals for new size-correction chart. In: Summers, D. A. (ed.) Proc. 21st US Symp. Rock Mech., Rolla, Missouri, 1980, 543–553.

HIGGS, N.B., 1986. Preliminary Studies of Methylen Blue Adsorption as A Method of Evaluating Degradable Smectite-Bearing Concrete Aggregate Sands. Cement and Concrete Research, Vol. 16, pp. 525-534.

HOŞ, T. (1999) Dalgakıran inşaatlarında kullanılan kireçtaşlarının jeoteknik özellikleri. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, 10-12 Mayıs 1999, Ankara, 32-38.

HUDSON, J.A., HARRİSON, J.P., 1997. Engineering Rock Mechanics-An Introduction to the Principles. Elsevier Science.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock characterization, testing and monitoring: ISRM Sugested Methods. E.T. Brown (ed), Pergamon Pres, Oxford, 211pp.

ISRM, 1985, Suggested method for point load strength. International Journal of Rock Mechanics, Mineral Sciences and Geotechnical Abstracts, Vol. 22, 51-60.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 2007. The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006. R. Ulusay and J.A. Hudson (eds.), Ankara. 628pp.

İRFAN, T. Y. and DEARMAN, W. R., 1978. The Engineering Petrograpy of a Weathering Granite in Cornwall, England. Q. J Engng Geol., Vol. 11, pp 233-244.

İRFAN, T. Y., 1981. Ayrışma ve Ayrışma Sınıflamaları, Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Dizisi, No: 19.

KAHRAMAN, S. (2001): Evaluation of simple methods for assessing the uniaxial compressive strength of rock. Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 38, 981–994.

KARİG, D.E., KOZLU, H., 1990. Late Paleogene – Neogene evolution of the triple junction region near Maraş, South-central Turkey. Journal of the Geological Society, London, 147, 1023-1034.

KELLİNG, G., GÖKÇEN, S., FLOYD, P., GÖKÇEN, N., 1987. Neogene Tectonic and pate convergence in the Eastern Mediterranen New Data from Southern Turkey: Geology, V:15, pp: 425-429.

KESKİN, Ö. M. ve KILIÇ, M. A., 2003. Doğu Akdeniz Yöresi Bazaltlarının Kırmataş Olarak Değerlendirme Olanakları. 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu 2003 Bildirileri Kitabı, İstanbul-Türkiye, 151-157.

KOLAY, E., KAYABALI, K., 2006. Investigation of effect of aggregate shape and surface roughness on the slake durability index using the fractal dimension approach. Engineering Geology 86, 271–284.

KOZLU, H., 1982. İskenderun baseni jeolojisi ve petrol olanakları. TPAO Rapor no: 1921, Ankara.

KOZLU, H., 1987. Misis-Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimi. Türkiye 7. Petrol Kongresi Dergisi. s104 - 116. Ankara.

KOZLU, H., 1997. Doğu Akdeniz Bölgesinde yeralan Neojen basenlerinin (İskenderun, Misis-Andırın) Tektono-Stratigrafi birimleri ve bunların tektonik gelişimi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, s 189, (yayınlanmamış).

LATHAM, J.P., POOLE, A.B., LAAN, G.J., VERHOEF, P.N.F., 1990. Geological constraints on the use of quarried rock in coastal structures. Proceedings of the 6th International Congress IAEG, Balkema, Symposia, pp 217-225.

LATHAM, J. P., 1991. Degradation model for rock armour in coastal engineering. QJ Eng Geol 24:101-118.

LATHAM, J.P. ,1998, Assessment and specification of armourstone quality from CIRIA/CUR (1991) to CEN (2000). In: Advances in Aggregates and Armourstone Evaluation. The Geological Society, Engineering Geology Special Publication No.13, 65-85.

LATHAM, J.P., MULEN, J.V., DUPRAY, S., 2006a. Prediction of in-situ block size distributions with reference to armourstone for breakwaters. Eng. Geol. 86:18-36.

LATHAM, J.P., MULEN, J.V., DUPRAY, S., 2006b. The specification of armourstone gradings and EN 13383 (2002). Q J Eng. Geol. Hydrogeol 39:51-64.

LATHAM, J.P., LİENHART, D., DUPRAY, S., 2006c. Rock quality, durability and service life Prediction of armourstone. Eng. Geol. 87:122-140.

LCPC, 1989. Les Enrochements. Ministere de l'Equipement. LCPC, Paris, 106 pp.

LeMAITRE, R. W., 1976. The chemical variability of some common igneous rocks, Journal of Petrology, p 17.

LeMAITRE, R. W., 1984. A Proposal by The IUGS Subcommission on The Systematics of Igneous Rocks for a Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on The Total Alkali Silica (TAS) Diagram, Australian J. Earth Sci., 31, p 243-255.

LEPDB (1995) Liman ve deniz inşaatı işlerine ait genel teknik şartname. TC

Ulaştırma Bakanlığı, Demiryollar Limanlar ve Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara.

LIENHART, D. A. and STRANSKY, T. E., 1981. Evaluation of the potential sources of rip-rap and armourstone-methods and considerations. Bull Assoc Eng Geol 18:323-332.

LIENHART, D.A., 1998. Rock engineering rating system for assessing the suitability of armourstone sources, Advances in Aggregates and Armourstone Evaluation. The Geological Society, Engineering Geology Special Publication, No: 13, pp 91–106.

LIENHART, D. A., 1994. Durability issues in the production of rock for erosion control. In: Proceedings of the 1st North American rock Mechanics symposium on rock mechanics, models, and measurements, challenges from industry. June 1994, Austin, Balkema, Rotterdam, pp 1083-1090.

LIENHART, D.A., 2003. A systems approach to evaluation of riprap and armor stone sources. Environ Eng. Geosci 9:131-149.

LUMB, P., 1962. The Properties of Decomposed Granite, Geotechnique, 12, 226-243.

MAHARAJ, R. J., 2001. Assessment of Quarried Volcanic Rock for Construction in the Federated States of Micronesia. SOPAC Miscellaneous Report 408, 8p.

MATHER, R. P., 1985. Rock for breakwater construction in western Australia: its availability and influence on design. Eng Geol 22:35-44.

MERRIT, F.S., 1986. Standard handbook for civil engineers. 3rd edition. McGraw-Hill Book Company. Int. Edition.

MIDDLEMOST, A.K., 1975. The Basalts Clan, Earth Science Rewiew 11, pp. 337-364.

MIYASHIRO, A., 1978. Nature of Alkalic Volcanic Rock Series, Contr. Min. Petr., 66, p 91-104.

MOON, V., 1993. Microstructructural controls on geomechanical behaviour of ignimbrite. Engineering Geology 35, 19–31.

NUR, A., BEN-AVRAHAM, Z., 1978. The eastern Mediterranean and the Levant: tectonics of continental collision. Tectonophysics, 46, 297-311.

OLLİER, C.D., 1984. Weathering, Geomorphology Texts, 2nd edition. Oliver and Boyd, Edinburgh.

ÖZDEN, U.A., 2006. Quality assessment of the armourstones for some black sea rubble mound breakwaters. (Master Thesis) METU, Applied and Natural Sciences Faculty, p 202.

PAPADOPOULOS, Z., KOLAITI, E., MOURTZAS, N., 1994. The effect of crystal size on geotechnical properties of Neogene gypsum in Cret. Quaterly Journal of Engineering Geology 27, 267–273.

PARKER, A., 1970. An Index of Weathering for Silicate Rocks, Geology Mag., p 501-504.

PARLAK, O., KOZLU, H., DEMİRKOL, C. and DELALOYE, M., 1997. Intracontinental Plio-Quaternary Volcanism Along The African-Anatolian Plate Boundary, southern Turkey. Ofioliti, 22(4), p. 111-117.

PARLAK, O., DELALOYE, M., KOZLU, H., and FONTİGNİE, D., 2000. Trace element adn Sr-Nd isotope geochemistry of the alkali basalt observed along the Yumurtalık Fault (Adana) in Turkey. Yerbilimleri, 22, p. 137-148.

PELEN, N., 1995. Osmaniye-Dörtyol-Erzin yöresi Kuvaterner bazaltlarının jeolojisi, petrografisi ve hidrojeolojik özellikleri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s 144, (yayınlanmamış).

PERINÇEK, D., ÇEMEN, I., 1990. The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey. Tectonophysics, 172, 331-340.

POOLE, A. B., 1991. Rock quality in coastal engineering. Q J Eng Geol 24:85-90.

READ, J. R. L., THORNTEN, P. N., REGAN, W. M. (1980): A rational approach to the point load test. Proc. 3rd Australian-New Zealand Geomechanics Conference, vol. 2, 1980, 35–39.

REICHE, P., 1943. Graphic Representation of Chemical Weathering, Jour. Sed.

Petr., 13, p 53-68.

RILEM, 1980. Recommended tests to measure the deterioration of stone and to assess the effectiveness of treatment methods. Commission 25-PEM Material and Structures, Vol. 13, 175-253.

RUXTON, B. P., 1968. Measures of the Degree of Chemical Weathering of Rocks. Jour. Of Geology, 76, p 518-527.

ROBERTSON, A., UNLÜGENÇ, U.C., İNAN, N., TASLİ, K., 2004. The Misis – Andırın Complex: a Mid – Tertiary melange related to late-stage subduction of the Southern Neotethys in S Turkey. Journal of Asian Sciences, 22, p. 413-453.

RODRIGUES, J.G., 1991. Physical characterization and assessment of rock durability through index properties. NATO ASI Ser. Ed. Applied Sciences 200, 7–34.

QUANE, S. L., RUSSEL, J. K. (2003): Rock strength as a metric of welding intensity in pyroclastic deposits. Eur. J. Mineral. 15, 855–864.

SCHIMDT, G. C., 1961. Stratigraphic Nomenclature for the Adana Region Petrolium District. 7th Petpoleum Admins. Bull. 6. Ankara 47-63S.

SCHITTECATTE, J.P., 1971. Geology of the Misis Mountain. The Petroleum Exploration Society of Libya, Tripoli-Libya, 305-312.

SEVDİNLİ, G., 2005. Ceyhan (Adana) dolayı yapıtaşı potansiyelinin değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s 134, (yayınlanmamış).

SINGH, R. N., HASSANI, F. P., ELKINGTON, P. A. S. (1983): The application of strength and deformation index testing to the stability assessment of coal measure excavations. Proc. 24th US Symp. Rock Mech., Texas: printed by Texas A&M University, 1983, 599–609.

SMITH, H. J., 1997. The point load test for weak rock in dredging applications. Int. J. Rock Mec. Min. Sci. 34(3=4), 702.

SMITH, M. R. (Ed.), 1999. Stone: Building Stone, Rock Fill and Armourstone in Construction. Engineering Geology Group Special Publication, vol. 161.

Geological Society, London, 478 pp.

ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö. ve KUŞCU, İ., 1992. Türkiye'deki Aktif Fayların 1/1.000.000 Ölçekli Haritası. MTA yayınları. Ankara.

ŞENGÖR, A.M.C., YILMAZ, Y., 1981. Tethyan evolution in Turkey: a plate tectonic approach. Tectonophysics, 75, 181-241.

SOYSAL, H., SİPAHİOĞLU, S., KOLÇAK, D., ALTINOK, Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Katalogu, Tübitak Yayınları.

TABBAN, A., 2000. Kentlerin Jeolojisi ve Deprem Durumu. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, no: 56, Ankara.

TCK, 2006. Karayolu Teknik Şartnamesi. Yayın No: 267.

TEYMEN, A., 2005. Bazı Kayaların Petrografik, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s 108, (yayınlanmamış).

TS 2513 (1977) Doğal yapı taşları. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

TS 1910 (1977) Kaplama olarak kullanılan doğal yapı taşları. Türk Standartları Enstitüsü. Ankara.

TS 699, 1987. Tabi yapıtaşları muayene ve deney metotları. TSE, Ankara, 84 s.

TS EN 1367-1, 2001. Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler-bölüm 1: donma ve çözünmeye karşı direncin tayini. TSE, Ankara, 11 s.

TS EN 933-9, 2001, İnce Agregalarda Metilen Mavisi Değerinin Tayini. TSE, Ankara.

TS EN 13383-1, 2004a. Koruma tabakası taşları (zırh taşı) - Bölüm 1: Özellikler. TSE, Ankara.

TS EN 13383-2, 2004b. Koruma tabakası taşları (zırh taşı) - Bölüm 1: Deney Metotları. TSE, Ankara.

TSIAMBAOS, G., SABATAKAKIS, N. (2004): Considerations on strength of intact sedimentary rocks. Eng. Geol. 72, 261–273.

TSIDZI, K. E. N. (1991): Point load-uniaxial compressive strength correlation. Proc.

7th ISRM Congress, Aachen, Germany, vol. 1, 1991, 637–639.

TUCKER, R.L., POOR, A.R., 1978. Field Study of Moisture Effects on Slab Movements, Proceedings of The American Society of Civil Engineers, Journal of Geotechnical Engineering, No:104, pp 403-414.

TUĞRUL, A., 1995. Niksar Yöresindeki Bazaltların Mühendislik Özelliklerine Ayrışmanın Etkisi. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s 171, (yayınlanmamış).

TUNÇ, A., 2002. Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları. Atlas Yayınları, No: 22, İstanbul.

TOPAL, T., 2004. Anrokman kalitesinin belirlenmesinde kullanılan deney yöntemleri ve ülkemizdeki uygulamalar. Kıyı ve Deniz Jeolojisi Sempozyumu, 13-15 Eylül 2004, İstanbul, sayfa 17.

TOPAL, T., 2005. Anrokman kalitesinin ve dayanıklılığının değerlendirilmesine yönelik yaklaşımlar. 5. Kıyı Mühendisliği Ulusal Sempozyumu," 5-7 Mayıs 2005, Bodrum, Cilt 1, 411-424.

TOPAL, T., ACIR, O., 2004. Quality assessment of armourstone for a rouble mound breakwaters (Sinop-Turkey). Environ. Geol. 46: 905-913.

UYSAL, G., 2005. İsalı - Doruk – Yumurtalık civarının (Adana) tektono-stratigrafisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s 78, (yayınlanmamış).

ÜNLÜGENÇ, U.C., 1993. Controls on Cenozoic sedimentation in the Adana Basin, Southern Turkey. Unpublished PhD Thesis, Kele University, UK, p.229.

VALLEJO, L. E., WELSH, R. A., ROBINSON, M. K. (1989): Correlation between unconfined compressive and point load strength for Appalachian rocks. Proc. 30th US Symp. Rock Mech., Morgantown, 1989, 461–468.

VERHOEF, P.N.W., 1992, The methylene blue adsorption test applied to geomaterials, Memoirs of the Centre of Engineering Geology in the Netherlands, Deltf University of Technology, No.101, GEOMAT.02, 70p.

WESTAWAY, R., 1994. Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean. Journal of the Geophysical Research, 99, 12071-12090.

WESTAWAY, R., ARGER, J., 1996. The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: a complex discontinuity in a major strike-slip fault zone. Journal of the Geological Society, London, 153, 729-743.

YAŞAR, E., ERDOĞAN, Y., 2003. Yapı-Kaplama Kayalarının P Dalga Hızı ile Fiziko-Mekanik Özellikleri Arasındaki İlişkilerin İstatistiksel Analizi. Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı 18-19 Aralık, 2003. p.353-362.

YAŞAR, E., ERDOĞAN, Y., KILIÇ, A., 2004. Effect of limestone aggregate type and water-cement ratio on concrete strength. Materials letters, 58, p. 772-777.

YETİŞ, C., MERT, B.A., ANIL, M., 2006. Diyajenetik Dolomit-Kalsit Ayırdına Dayalı Jeolojik Harita Alımı ve Bir Örnek: Alişandağı (Ceyhan, Adana). 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, 20-24 Mart 2006, Ankara. s 164-166.

YILMAZ, I., KARACAN, E., 2005. Slaking durability and its effect on the doline formation in the gypsum. Environmental Geology 47, 1010–1016.

YOOL, A.I.G., LEES, T.P., FRIED, A., 1998. Improvements to the Methylene Blue Dye Test for Harmful Clay in Aggregates for Concrete and Mortar. Cement and Concrete Research, Vol. 28, No.10, pp. 1417-1428.

YURTMEN, S., ROWBOTHAM, G., İŞLER, F. and FLOYD, P.A., 2000. Petrogenesis of basalts from Southern Turkey: The Plio-Quaternary volcanism to the North of İskenderun Gulf. Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society, London, special Publications, 173, 489-512.

YURTMEN, S., GUILLOU, H., WESTAWAY, R., ROWBOTHAM, G., TATAR, O. (2002) Rate of strike-slip motion on the Amonos Fault (karasu Valley, southern Turkey) constrained by K-Ar dating and geochemical analysis of Quaternary basalts. Tectonophysics, 344, 207-246.

YÜCE, G., 2001. Hatay-Erzin (Yeşilkent) Ovası ve Burnaz Kaynağının Hidrojeolojik Özellikleri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi. 25 (2), s.21-46.

ZANETTİN, B., 1984. Proposed New Chemical Classification of Volcanic Rocks, Episodes, 7, p 19-20.

İnternet Siteleri

www.meteor.gov.tr

www.usgs.gov

ÖZGEÇMİŞ

06.02.1978 yılında Van'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Van'da tamamladı. 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu.

2000-2001 yılları arasında Rumeli Holding Van Çimento Fabrikasında üretim mühendisi, 2001-2002 yılları arasında Özvan Mühendislik ve Müşavirlik şirketinde jeoloji-jeoteknik mühendisi ve 2002-2003 yılları arasında Türkoğlu Mühendislikte hidrojeoloji ve jeoloji konularında ve aynı yıl içersinde Aras Mühendislik bünyesinde jeoteknik konusunda mühendis olarak çalıştı.

2001 yılının bahar döneminde Yüzüncü Yıl Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2003 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2004 yılında yüksek lisans eğitimini tamamladı.

2005 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında, Yüksek Öğretim Kurumunun 35. maddesi kapsamında görevlendirilerek doktora eğitimine başladı. Halen aynı kurumda doktora eğitimine ve 2003 yılında başladığı araştırma görevliliğine devam etmektedir.

EKLER

EK-1. KAYA KALİTESİ ÖLÇÜTLERİ

EK-1. Laboratuvar ve arazi verileri kullanılarak bir taşocağından anroşman malzemesinin seçimi için ölçütler (Lienhart, 1998)

	Ölçütler	Kaynak	Dayanıklılık rehberi			
			Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*
Taş ocağında arazi ölçümleri	Litolojik tanımlama	BS EN 932-3:1997	Foliasyonsuz metamorfik kayaçlar, magmatik kayaçlar, kuvarsit ve yüksek silikat çimentolu kumtaşı, sağlam kireçtaşı	Dolomit, kireçtaşı ve iyi-orta çimentolu kumtaşı	Killi kireçtaşı zayıf çimentolu kumtaşı, erime boşluklu dolomit,	Şeyli kireçtaşı, breş, şeyl, silttaşı, şist, jips, talk
	Bölgesel gerilimler	Lienhart (1998)	Düşük gerilim, kıvrım ve fay yok	Orta gerilim.	Yüksek gerilim. Yüzeylere paralel çatlaklar gözlenebilir	Çok yüksek gerilim. Ocak içersinde fay olabilir. Ocak tabanında kayadan kopmuş parçalar bulunabilir.
	Ayrışma derecesi	BS EN 5930:1999a	IA-Taze, ayrışmamış	IB-az derecede ayrışma (ana yüzeyde boyanma şeklinde)	II-hafif derecede ayrışmış (kaya kütlesinin büyük bir bölümünde sürekli bir boyanma şeklinde)	III- orta derecede ayrışmış (kaya kütlesinin yarısından azı ayrışmış)
	Süreksizlik Analizi (IBSD)	Wang vd. (1990) Latham vd. (2006a)	D_{i80}>2 m (D_{i80}= Elekten geçen blokların %80)	D_{i80}= 1.5-2.0 m	D_{i80}= 1.0-1.5 m	D_{i80}< 1.0 m

EK-1. Devamı

	Ölçütler	Kaynak	Dayanıklılık rehberi			
			Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*
Taş ocağında arazi ölçümleri	Yeraltı suyu	Lienhart (1998)	Kuru	Nemli	Ocak aynasından sızıntı şeklinde	Ocak duvarından veya tabanda akış şeklinde
	Üretim yöntemi	Lienhart (1998)	Patlatmasız	Kontrollü patlatma, düşük şok, özel yükleme <0.2 kg/m^3, patlatma deliği çapı yaklaşık 75 mm	ANFO ile geleneksel patlatma, özel yükleme 0.2-0.4 kg/m^3, patlatma deliği çapı yaklaşık 100 mm	Yan ürün olarak agrega patlatması, özel yükleme >0.4 kg/m^3
	Kaya blok kalitesi	Lienhart (1998)	Blokların %5'inden daha azının kalınlığının uzunluğuna oranı (LT)>3 olmalı. Blokları %95'inin ayrışma derecesi IA sınıfında, oldukça yüksek dayanımlı ve dolgusuz boşluklar bağımsız.	Blokların %5-10'u arasında LT>3 olmalı. Blokların %95'inin ayrışma derecesi IB sınıfında yada daha kötü, yüksek dayanımlı ve boşluklar arasında serbest yada az drenaj.	Blokların %10-15'i arasında LT>3 olmalı. Blokların %95'inin ayrışma derecesi en az II sınıfında yada daha kötü, yüksek dayanımlı ve dolgusuz boşluklar veya mikro boşluklardan biri mevcut.	Blokların %15'inden fazlasında LT>3 olmalı. Blokların %95'inin ayrışma derecesi en az III sınıfında, killi veya mikalı

EK-1. Devamı

	Ölçütler	Kaynak	Dayanıklılık rehberi			
			Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*
Taş ocağında arazi ölçümleri	Stok (Yığma – İstif)	Lienhart (1998)	Ocaktan çıkarılan kayalar 3 ay stoklanır	Ocaktan çıkarılan kayalar 2 ay stoklanır	Ocaktan çıkarılan kayalar 1 ay stoklanır	Ocaktan çıkarılan taze kayalar proje alanına direkt nakledilir.
	Blok bütünlüğü (görünen)	Lienhart (1998)	2 ay istiflendikten sonra blokların %95'inden fazlasında gerilim azalması, istiflenme, aşırı patlatma veya diğer sebeplerden dolayı çatlak ve bozunma gözlenmez	2 ay istiflendikten sonra blokların %90-95'inde çatlak gözlenmez	2 ay istiflendikten sonra blokların %85-90'ında çatlak gözlenmez	2 ay istiflendikten sonra blokların %85'inden fazlasında çatlak gözlenir
	Blok bütünlüğü (Düşme testi)	CIRIA/CUR (1991)	I_{M50}<%2	I_{M50}=%2-5	I_{M50}=%5-15	I_{M50}>%15
	Blok bütünlüğü (Sonik Hız indeksi I_c ve D_f)	Tourenq vd. (1971) CIRIA/CUR/ CETMEF	I_c>80 D_f<20	I_c=80-70 D_f<20	I_c=70-60 D_f<20	I_c<60 D_f>20

EK-1. Devamı

	Ölçütler	Kaynak	Dayanıklılık rehberi			
			Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*
Laboratuvar testleri	Petrografik değerlendirme	Uzman petrograflar	Var olan ölçütlerde tanımlı değil			
	Birim hacim ağırlık (t/m^3)	BS EN 13383-2:2002	>2.7	2.5-2.7	2.3-2.5	<2.3
	Su Emme (%)	BS EN 13383-2:2002	<0.5	0.5-2.0	2.0-6.0	>6.0
	Toplam porozite (%)	Lienhart (2003)	<2	2-6	6-20	>20
	Metilen mavisi emme (g/100g)	Verhoef (1992) BS EN 933-9:1999c	<0.4	0.4-0.7	0.7-1.0	>1.0
	Basma Dayanımı (MPa)	BS EN 1926:1999	>120	80-120	60-80	<60
	Schmidt Darbe Dayanımı (% sekme)	ISRM (1988)	>60	50-60	40-50	<40
	Sonik Hız (km/sn)	BS EN 14579:2004	>6	4.5-6	3-4.5	<3

EK-1. Devamı

	Ölçütler	Kaynak	Dayanıklılık rehberi			
			Mükemmel	*İyi*	*Orta*	*Zayıf*
Laboratuvar testleri	Nokta Yük Dayanımı (MPa)	ISRM (1985)	>8	4-8	1.5-4	<1.5
	Kırılma Tokluğu (MPa $m^{1/2}$)	ISRM (1988)	>1.7	1.0-1.7	0.6-1.0	<0.6
	Endirekt Çekme (Brazilian) Dayanımı (MPa)	ASTM D3967-95a (2004) ISRM (1978b)	>10	5-10	2-5	<2
	Los Angeles aşınma (%)	BS EN 1097-2:1998a	<15	15-25	25-35	>35
	Mikro-Deval (% kayıp)	BS EN 1097-1:1996	<10	10-20	20-30	>30
	$MgSO_4$ (% kayıp)	BS EN 1367:1998b	<2	2-10	10-30	>30
	Donma-Çözülme kaybı (%)	BS EN 13383-2:2002	<0.5	0.5-1	1.0-2	>2
	Islak-Kuru (% kayıp)	ASTM D531304:2002	<0.5	0.5-1	1.0-2	>2

EK-2. ÇALIŞMA ALANINDAKİ DEPREM VERİLERİ

Tarih	Enlem	Boylam	Büyüklük	Tarih	Enlem	Boylam	Büyüklük
30.10.1908	37.6	36.8	5.4	11.08.1991	36.15	35.9	3.6
25.12.1915	36.47	36.14	5.2	19.09.1991	36.14	35.83	3.9
05.10.1921	36.4	35.2	5.5	26.09.1991	37.37	36.31	4.6
01.02.1922	38	37	5.3	02.10.1991	37.44	36.14	4
17.03.1926	37	35	5.5	07.10.1991	37.1	35.7	4
23.08.1928	36.5	36	4.8	19.01.1992	37.55	35.96	3.7
16.05.1929	36.5	36	4.5	29.05.1992	37.56	36.83	3.9
25.09.1933	37	35.5	5	21.07.1993	37.13	36.78	3.7
14.06.1936	36.64	35.85	5.5	03.01.1994	36.99	35.81	4.8
20.04.1941	37.35	35.74	4.6	10.02.1994	36.95	35.81	4.5
20.03.1945	37.11	35.7	6	30.07.1994	37.47	36.2	4.6
14.01.1950	36.5	35.8	4.5	21.01.1995	37.38	36.12	4.3
08.04.1951	36.58	35.85	5.8	13.04.1995	37.37	36.1	4.4
12.07.1951	36.6	36.3	4.8	05.06.1995	37.75	36.43	3.6
22.10.1952	37.25	35.65	5.6	20.03.1996	36.88	36.07	3.6
24.03.1953	37.02	37	5	02.04.1996	37.48	36.7	3.6
01.06.1961	37.65	36.76	5	18.06.1996	36.09	36.03	3.7
10.09.1961	37.02	36.11	4.7	19.06.1996	36.07	36.01	4.2
02.02.1964	36.51	35.8	3.7	10.07.1996	37.39	36.2	3.8
17.11.1964	36.81	35.33	4.6	15.08.1996	36.32	35.4	3.6
25.11.1965	37.24	36.22	4.5	24.09.1996	37.15	35.8	3.6
26.06.1966	36.84	35.92	4.8	13.11.1996	36.98	36.1	3.8
07.04.1967	37.43	36.17	4.6	06.01.1997	36.84	35.9	4
07.04.1967	37.36	36.24	4.8	22.01.1997	36.19	35.94	5.5
15.05.1969	37.29	35	4.4	22.01.1997	36.19	35.99	3.9
19.05.1969	37.75	35.31	4.4	22.01.1997	36.21	35.99	5
24.05.1969	36.82	35.31	4.2	22.01.1997	36.29	36.03	5.3
30.04.1971	37.76	36.18	4.2	23.01.1997	36.29	36.18	3.6
29.06.1971	37.11	36.85	5.1	23.01.1997	36.18	35.96	3.6
29.06.1971	37.33	36.72	4.5	26.02.1997	36.26	36.17	3.8
01.07.1971	37.17	36.91	4.5	27.06.1998	36.85	35.32	6.2
11.07.1971	37.16	36.85	5.3	27.06.1998	36.86	35.56	3.6
15.07.1971	37.2	36.8	4.6	27.06.1998	36.96	35.68	3.8
17.08.1971	37.09	36.77	5.1	27.06.1998	36.86	35.5	3.9
13.09.1974	37.4	36.06	3.9	27.06.1998	36.73	35.63	3.6

Tarih	Enlem	Boylam	Büyüklük	Tarih	Enlem	Boylam	Büyüklük
01.01.1975	36.67	36.49	4.8	28.06.1998	36.96	35.56	4.3
15.07.1976	37.55	35.9	4.6	28.06.1998	36.98	35.59	3.6
30.07.1976	36.71	35.9	4	04.07.1998	36.81	35.25	4.8
09.02.1978	37.07	36.84	4.2	04.07.1998	36.83	35.48	3.9
26.04.1979	37.54	36.16	4.6	15.07.1998	36.88	35.71	3.8
28.12.1979	37.52	35.85	4.7	17.07.1998	36.73	36.01	3.6
02.01.1980	36.56	36.38	4.4	24.08.1998	36.91	35.36	3.6
19.05.1980	37.57	35.92	4.5	20.09.1998	36.93	35.4	3.6
01.09.1980	37.64	36.15	3.9	22.09.1998	36.93	37	3.6
19.02.1981	36.35	36.42	4.4	18.10.1998	37.3	36.32	3.6
24.02.1981	36.44	36.18	4.2	04.12.1998	36.94	35.54	3.6
30.06.1981	36.17	35.89	4.5	15.01.1999	37.06	35.74	3.9
11.02.1982	36.08	35.89	3.9	05.05.1999	36.48	35.32	3.8
24.04.1982	37.74	35.4	3.9	10.06.1999	37.32	35.88	3.9
18.05.1982	37.1	36.4	3.7	01.11.1999	37.3	36.33	3.8
20.05.1982	37.6	35.8	3.6	12.05.2000	37.01	36.06	4.4
05.08.1982	37.99	35.23	4.2	27.05.2000	36.14	35.21	4
24.11.1983	37.05	36.12	4.6	30.05.2000	36.87	35.73	3.8
15.11.1984	37.12	36.28	4	17.01.2001	37.06	36.13	4.6
22.06.1985	37.26	36.98	4.3	29.04.2001	36.47	35.6	3.6
21.12.1985	37.55	35.47	4.4	25.06.2001	37.24	36.21	5.6
21.12.1985	37.56	35.4	4.2	25.06.2001	37.27	36.3	3.8
09.06.1986	37.98	36.9	3.8	18.10.2001	36.9	35.21	4.6
20.07.1986	37.81	35.91	3.7	31.10.2001	37.25	36.14	5.4
20.11.1987	37.11	36.38	3.6	11.03.2002	36.69	36.04	4.2
31.12.1987	37.02	36.02	3.9	23.05.2002	37.32	36.34	3.9
01.01.1988	36.35	35.47	4.4	14.12.2002	37.52	36.2	4.9
17.12.1988	37.5	36.2	3.8	03.09.2003	37.66	36.37	3.7
06.03.1989	37.44	36.42	3.6	19.11.2003	37.05	36.34	3.8
02.04.1989	37.76	36.66	3.6	28.05.2004	37.49	36.31	3.6
24.06.1989	36.71	35.93	4.9	12.06.2004	37.38	36.19	3.8
15.10.1989	36.85	35.78	3.6	25.01.2005	36.65	35.23	3.8
10.04.1991	37.31	36.14	4.6	24.07.2005	36.96	36.03	3.7

EK-3. DENEY SONUÇLARI

NO	Çap D (mm)	Uzunluk L (mm)	Deneyin Gerçek Hacim (kNm³)	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,50	114,65	26,70	26,31	3,60	0,04	1,51	3,80	128,69	5,19
2	54,50	123,55	26,09	25,64	4,51	0,05	1,73	4,43	124,51	5,02
3	54,50	122,80	26,31	25,53	4,59	0,04	1,84	4,80	123,29	5,12
4	54,50	113,45	26,39	26,56	3,12	0,03	1,15	3,12	127,76	4,96
5	54,50	105,10	26,85	26,52	3,30	0,04	1,29	3,40	96,82	4,15
6	54,50	113,60	27,15	26,38	3,12	0,03	1,14	3,12	118,87	4,49
7	54,50	117,00	26,20	25,82	2,60	0,03	1,00	2,60	101,63	4,35
8	54,50	103,50	27,17	26,96	2,23	0,02	0,81	2,23	118,63	4,21
9	54,50	122,30	26,74	26,44	2,96	0,03	1,11	2,93	166,36	4,19
10	54,50	120,20	26,71	26,51	2,16	0,02	0,80	2,16	116,63	4,22
11	54,50	104,20	26,53	26,18	3,54	0,04	1,32	3,54	117,51	4,80
12	54,50	113,50	26,93	26,30	3,36	0,03	1,25	3,29	120,21	4,83
13	54,50	125,45	26,26	25,86	4,05	0,04	1,54	4,05	110,49	4,71
14	54,50	112,35	27,26	26,76	2,35	0,03	0,85	2,05	130,80	4,39
15	54,50	97,60	26,31	26,71	2,20	0,02	0,85	2,20	149,06	5,13
16	54,50	108,20	27,26	26,96	2,23	0,02	0,81	2,23	133,61	4,27

SK-3.1. KURU MASİF BAZALTA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L mm	Deneyin Yapıldığı Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Esnek Hız (km/sn)
1	54,60	109,80	26,04	25,82	4,24	0,04	1,62	4,24	94,46	5,37
2	54,60	110,74	26,09	25,58	4,44	0,05	1,70	4,44	101,78	5,39
3	54,60	110,56	26,54	26,27	3,12	0,03	1,18	3,32	104,58	5,25
4	54,60	110,60	26,91	26,54	3,91	0,04	1,41	3,81	112,95	4,89
5	54,60	110,60	26,79	26,48	3,28	0,03	1,31	3,28	96,37	4,30
6	54,60	109,60	26,84	26,53	3,56	0,03	1,17	3,18	114,82	5,06
7	54,60	110,50	25,89	25,44	3,64	0,04	1,51	2,68	97,63	4,60
8	54,60	110,60	26,93	26,15	2,48	0,03	1,00	3,64	94,19	4,35
9	54,60	110,10	27,13	26,90	2,14	0,02	0,81	2,48	102,14	4,70
10	54,60	110,60	26,84	26,34	3,47	0,04	0,79	2,14	96,03	4,45
11	54,60	110,60	25,80	25,38	2,47	0,03	1,28	3,47	77,25	4,84
12	54,60	110,10	26,71	26,41	3,13	0,03	0,99	2,47	110,97	4,36
13	54,60	110,45	26,81	26,25	3,98	0,04	1,18	3,13	102,84	4,86
14	54,60	110,63	26,53	26,20	2,91	0,03	1,10	3,69	111,89	5,15
15	54,60	110,79	26,89	26,59	2,63	0,03	1,05	2,91	130,82	5,12
16	54,60	110,90	26,92	26,56	2,42	0,03	0,96	2,63	102,47	4,97

EK-3.2. NORMAL SİLİYA DOYGUN MASİF BAZALTA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Batek Hız (sn/km)
1	54,50	110,75	26,60	25,60	4,11	0,04	1,57	4,11	128,08	5,27
2	54,50	120,90	26,58	25,58	4,13	0,04	1,58	4,13	119,02	5,30
3	54,50	113,45	26,53	25,57	3,65	0,04	1,40	3,65	112,20	5,25
4	54,50	116,70	26,51	26,16	1,75	0,02	0,66	1,75	124,53	5,16
5	54,50	113,90	27,12	25,53	3,41	0,04	1,28	3,41	109,87	4,91
6	54,50	122,15	27,01	25,73	2,93	0,03	1,08	2,93	112,69	5,19
7	54,50	117,80	26,74	25,93	2,13	0,02	0,79	2,13	116,13	4,36
8	54,50	117,80	27,25	27,16	2,12	0,02	0,76	2,12	124,85	5,28
9	54,50	119,80	26,20	25,24	3,65	0,04	1,46	3,65	103,21	4,90
10	54,50	122,40	26,11	25,11	4,17	0,04	1,70	4,12	111,32	4,99
11	54,50	118,15	26,65	26,32	2,36	0,03	1,35	3,36	107,91	5,09
12	54,50	115,90	26,43	26,11	2,19	0,03	1,20	3,19	104,99	4,91
13	54,50	122,45	26,76	26,53	2,40	0,02	0,89	2,40	118,46	5,23
14	54,50	116,13	26,51	26,53	2,97	0,03	1,64	2,62	130,65	5,05
15	54,50	106,70	26,57	26,52	2,56	0,03	0,44	2,56	127,51	5,25
16	54,50	110,70	27,53	27,40	4,17	0,02	0,78	3,37	130,16	5,35

ŞEKİL 3. DENİZ SUYUNA DOYGUN MASİF BAZALTA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,58	117,98	22,11	21,82	5,05	0,05	2,29	5,05	92,11	4,57
2	54,58	124,78	23,44	22,91	5,48	0,06	2,51	5,40	97,49	4,56
3	54,58	126,89	22,52	21,83	5,98	0,07	3,13	5,52	84,92	4,93
4	54,58	122,79	23,25	22,85	4,19	0,04	1,76	4,10	82,35	4,95
5	54,58	134,38	25,51	25,31	2,24	0,02	0,87	2,24	103,30	5,26

EK-3.4. KURU BOŞLUKLU BAZALTA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L, mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,58	112,69	22,89	22,51	3,87	0,04	1,69	3,87	97,74	5,12
2	54,58	125,89	22,19	21,81	3,87	0,04	1,74	3,87	74,32	4,82
3	54,58	126,59	24,65	24,25	3,99	0,04	1,61	3,59	89,14	5,43
4	54,58	111,09	24,35	23,74	3,55	0,04	1,47	3,55	85,69	5,31
5	54,58	121,79	21,35	21,02	2,86	0,03	1,31	2,86	55,65	4,99

EK-3.5. NORMAL SUYA DOYGUN BOŞLUKLU BAZALTA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,58	169,88	21,84	21,38	4,74	0,05	2,17	4,74	48,56	4,92
2	54,58	165,45	22,47	22,04	4,23	0,04	1,83	4,23	69,81	4,95
3	54,58	122,58	22,91	22,58	4,18	0,04	1,82	4,18	65,21	5,04
4	54,58	124,69	24,32	24,05	2,65	0,03	1,06	2,65	69,70	5,51
5	54,58	120,48	24,81	24,56	3,32	0,03	1,35	3,32	69,62	4,58

ÇK-3.6. DENİZ SUYUNA DOYGUN BOŞLUKLU BAZALTA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L, mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,6	146,8	25,96	25,92	0,36	0,004	0,13	0,36	96,68	6,10
2	54,5	151,8	25,97	25,92	0,55	0,005	0,21	0,55	79,33	5,78
3	54,5	151,4	25,93	25,86	0,67	0,005	0,18	0,47	124,54	6,35
4	54,9	138,2	25,93	25,86	0,67	0,005	0,18	0,47	88,62	6,05
5	54,5	135,4	26,10	26,04	0,36	0,002	0,24	0,64	82,98	5,66

EK-3.7. KURU KRİSTALİZE KİREÇTAŞINA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,5	132,00	26,16	26,35	0,58	0,005	0,19	0,50	102,02	6,14
2	54,5	121,50	25,89	26,54	1,38	0,013	0,48	1,28	59,36	5,84
3	54,5	133,00	25,93	26,32	1,14	0,012	0,43	1,14	49,85	5,86
4	54,5	133,50	26,34	26,35	0,05	0,007	0,25	0,65	119,71	6,16
5	54,5	132,60	26,21	26,14	0,72	0,003	0,27	0,72	94,19	6,12

EK-3.8. NORMAL SUYA DOYGUN KRİSTALİZE KİREÇTAŞINA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L, mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,5	107,20	25,98	25,91	0,71	0,007	0,27	0,71	95,38	6,19
2	54,5	107,00	25,21	25,13	0,88	0,009	0,34	0,88	81,11	6,09
3	54,5	103,40	25,17	25,07	0,97	0,010	0,38	0,97	85,13	5,83
4	54,9	149,09	25,93	25,85	0,47	0,005	0,18	0,47	113,18	6,29
5	54,5	146,60	25,82	25,75	0,53	0,005	0,24	0,53	97,64	6,16

EK-3.9. DENİZ SUYUNA DOYGUN KRİSTALİZE KİREÇTAŞINA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L, mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,5	139,40	26,23	26,13	0,19	0,002	0,07	0,19	122,46	6,37
2	54,5	115,00	26,19	26,15	0,34	0,003	0,13	0,34	124,89	6,28
3	54,5	142,00	26,11	26,07	0,34	0,003	0,13	0,34	139,20	6,31
4	54,9	103,00	26,35	25,34	0,64	0,006	0,24	0,64	67,57	5,53
5	54,5	165,30	25,75	25,62	0,83	0,006	0,32	0,83	119,92	6,23

ŞK-3.12. KURU MİKRİTİK KİREÇTAŞINA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,5	146,80	26,12	26,07	0,45	0,004	0,17	0,45	111,78	6,27
2	54,5	117,00	26,34	26,31	0,07	0,003	0,10	0,27	115,15	6,28
3	54,5	125,00	26,25	26,21	0,38	0,004	0,14	0,38	89,12	6,13
4	54,9	122,90	26,25	26,15	0,43	0,004	0,16	0,43	103,53	6,15
5	54,5	125,30	26,25	26,24	0,31	0,003	0,12	0,31	112,68	6,27

EK-3.11. NORMAL SUYA DOYGUN MİKRİTİK KİREÇTAŞINA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

NO	Çap D mm	Uzunluk L, mm	Doygun Birim Hacim	Kuru Birim Hacim (kN/m³)	Görünür Porozite (n, %)	Boşluk Oranı (e)	Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)	Hacimce Su Emme Oranı (%)	UCS (MPa)	Sonik Hız (km/sn)
1	54,5	153,20	25,89	25,77	1,20	0,012	0,45	1,20	72,56	6,33
2	54,5	141,50	26,07	26,02	0,49	0,005	0,19	0,49	121,03	6,46
3	54,5	146,80	25,93	25,93	0,57	0,006	0,21	0,57	81,82	6,43
4	54,9	142,50	25,93	25,84	1,50	0,015	0,57	1,50	115,19	6,46
5	54,5	151,40	26,25	26,17	0,29	0,003	0,11	0,25	121,22	6,50

EK-3.12. DENİZ SUYUNA DOYGUN NİKRİTİK KİREÇTAŞINA AİT FİZİKSEL ve MEKANİK DEĞERLER

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karot Çapı (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s (Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	16,5	54,50	2970,25	5,56	1,04	5,77
2	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
3	d	54,50	16,5	54,50	2970,25	5,23	1,04	5,47
4	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
5	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
6	d	54,50	18	56,50	2970,25	6,06	1,06	6,30
7	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
8	d	54,50	17	54,50	2970,25	5,72	1,04	5,95
9	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
10	d	54,50	14	54,50	2970,25	4,71	1,04	4,90

EK-3.13. KURU MASİF BAZALTA NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karot Çapı (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s (Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
2	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,06	1,04	6,30
3	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
4	d	54,50	14	54,50	2970,25	4,71	1,04	4,90
5	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
6	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
7	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
8	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
9	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
10	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25

EK-3.14. SUYA DOYGUN MASİF BAZALTA AİT NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karot Çapı (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s (Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	8	54,50	2970,25	2,69	1,04	2,80
2	d	54,50	8	54,50	2970,25	2,69	1,04	2,80
3	d	54,50	17	54,50	2970,25	5,72	1,04	5,95
4	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
5	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
6	d	54,50	18	54,50	2970,25	6,06	1,04	6,30
7	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
8	d	54,50	7	54,50	2970,25	2,36	1,04	2,45
9	d	54,50	9	54,50	2970,25	3,03	1,04	3,15
10	d	54,50	7	54,50	2970,25	2,36	1,04	2,45

EK-3.15. KURU BOŞLUKLU BAZALTA AİT NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karot Çapı (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s (Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	9	54,50	2970,25	3,03	1,04	3,15
2	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
3	d	54,50	7	54,50	2970,25	2,36	1,04	2,45
4	d	54,50	8	54,50	2970,25	2,69	1,04	2,80
5	d	54,50	9	54,50	2970,25	3,03	1,04	3,15
6	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
7	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
8	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
9	d	54,50	9	54,50	2970,25	3,03	1,04	3,15
10	d	54,50	10	54,50	2970,25	3,37	1,04	3,50

EK-3.15. SUYA DOYGUN BOŞLUKLU BAZALTA AİT NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karot Çapı (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s (Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	10	54,50	2970,25	3,37	1,04	3,50
2	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
3	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
4	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55
5	d	54,50	10	54,50	2970,25	3,37	1,04	3,50
6	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
7	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
8	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55
9	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
10	d	54,50	10	54,50	2970,25	3,37	1,04	3,50

EK-3.17. KURU KRİSTALİZE KİREÇTAŞI'NA AİT NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karşıt Çap: (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s(Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	9	54,50	2970,25	3,03	1,04	3,15
2	d	54,50	10	54,50	2970,25	3,37	1,04	3,50
3	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
4	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
5	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
6	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55
7	d	54,50	10	54,50	2970,25	3,37	1,04	3,50
8	d	54,50	10	54,50	2970,25	3,37	1,04	3,50
9	d	54,50	11	54,50	2970,25	3,70	1,04	3,85
10	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55

EK-3.16. SUYA DOYGUN KRİSTALİZE KİREÇTAŞINA AİT NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karot Çapı (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s (Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	12,5	54,50	2970,25	4,21	1,04	4,37
2	d	54,50	11,5	54,50	2970,25	3,87	1,04	4,02
3	d	54,50	14	54,50	2970,25	4,71	1,04	4,90
4	d	54,50	14,5	54,50	2970,25	4,88	1,04	5,07
5	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
6	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55
7	d	54,50	16,5	54,50	2970,25	5,56	1,04	5,77
8	d	54,50	16	54,50	2970,25	5,39	1,04	5,60
9	d	54,50	15,5	54,50	2970,25	5,22	1,04	5,42
10	d	54,50	14	54,50	2970,25	4,71	1,04	4,90

EK-3.19. KURU MİKRİTİK KİREÇTAŞINA AİT NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

No	Deney Türü	Çap D (mm)	Yenilme Yükü (kN)	Karot Çapı (De) (mm)	De^2 (mm^2)	I_s (Mpa)	F	$I_{s(50)}$ (Mpa)
1	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
2	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55
3	d	54,50	12	54,50	2970,25	4,04	1,04	4,20
4	d	54,50	15	54,50	2970,25	5,05	1,04	5,25
5	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55
6	d	54,50	14	54,50	2970,25	4,71	1,04	4,90
7	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55
8	d	54,50	15,5	54,50	2970,25	5,22	1,04	5,42
9	d	54,50	14	54,50	2970,25	4,71	1,04	4,90
10	d	54,50	13	54,50	2970,25	4,38	1,04	4,55

EK-3.20. SUYA DOYGUN MİKRİTİK KİREÇTAŞINA AİT NOKTA YÜKÜ DAYANIM İNDEKSİ DENEYİ

SUDA DAĞILMAYA KARŞI DAYANIKLILIK DENEYİ - YIPRANMA DAYANIKLILIĞI

		TAMBUR NO 1	TAMBUR NO 2
Tamburun kuru ağırlığı	T	1809,20	1777,80
Çevrim sonrası tamburdaki numunenin kuru ağırlığı	A	2327,60	2275,20
1. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	B	2326,20	2273,20
2. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	C	2325,60	2272,40
3. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	D	2325,40	2271,80
4. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	E	2324,80	2271,20
5. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	F	2324,40	2270,80

TAMBUR NO 1 Numune Ağırlığı (kg)	TAMBUR NO 2 Numune Ağırlığı (kg)
517,60	496,40

TAMBUR NO 1	I_{dk} (%)	99,46
TAMBUR NO 2	I_{dk} (%)	98,34

		TAMBUR NO 1	TAMBUR NO 2
1. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{d1}	99,96	99,86
2. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılığı indeksi	I_{d2}	99,86	99,64
3. Çevrim sonrası yıpranma dayanıklılığı indeksi	I_{d3}	99,79	99,50
4. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{d4}	99,46	99,48
5. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{dk}	99,46	98,34

TANIMLAMA	I_{dk} (%)	I_{dk} (%)
Aşırı yüksek dayanıklı	99-100	98-100
Çok yüksek dayanıklı	98-99	95-98
Yüksek dayanıklı	95-98	85-95
Orta dayanıklı	85-95	60-85
Düşük dayanıklı	60-85	30-60
Çok düşük dayanıklı	0-60	0-30



NUMUNENİN TANIMLANMASI:

Her biri 40-60 gr olan 10 kaya çakılı seçilmiştir. 1 nolu masif bazaltın toplam kütlesi 517,6 gr'dır (Tambur 1). Tambur 2'deki 2 nolu boşluklu bazaltın kütlesi 496,4 gr'dır. Yıpranma sonrası olarak 2 mm'lik elekaltı malzeme kullanılmıştır.

SUDA DAĞILMAYA KARŞI DAYANIKLILIK DENEYİ - YIPRANMA DAYANIKLILIĞI

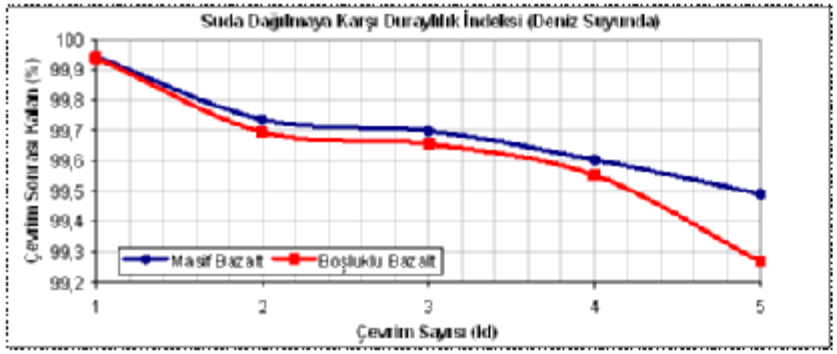
		TAMBUR NO 1	TAMBUR NO 2
Tambura konu sonda	Y	1606,30	1772,30
Çevrim öncesi kuru (numune) kap ağırlığı	A	2389,60	2269,10
1. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	B	2389,10	2269,00
2. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	C	2387,60	2267,80
3. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	D	2387,40	2267,40
4. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	E	2386,40	2266,90
5. Çevrim sonrası (tambur+numune) ağırlığı	F	2386,30	2265,30

TAMBUR NO 1 Numune Ağırlığı (gr)	TAMBUR NO 2 Numune Ağırlığı (gr)
529,70	491,60

TAMBUR NO 1	I_{d1} (%)	99,43
TAMBUR NO 2	I_{d2} (%)	99,27

1. Çevrim sonrası yıpranma dayanıklılığı indeksi:	I_{d1}	99,94	99,94
2. Çevrim sonrası yıpranma dayanıklılığı indeksi:	I_{d2}	99,74	99,69
3. Çevrim sonrası yıpranma dayanıklılığı indeksi:	I_{d3}	99,70	99,65
4. Çevrim sonrası yıpranma dayanıklılığı indeksi:	I_{d4}	99,66	99,55
5. Çevrim sonrası yıpranma dayanıklılığı indeksi:	I_{d5}	99,43	99,27

TANIMLAMA	I_{d5} (%)	I_{d5} (%)
Aşırı yüksek dayanıklı	99-100	99-100
Çok yüksek dayanıklı	98-99	97-98
Yüksek dayanıklı	95-97	92-96
Orta dayanıklı	87-95	68-87
Düşük dayanıklı	68-87	38-68
Çok düşük dayanıklı	0-68	0-38



NUMUNENİN TANIMLANMASI:
Her biri 40-60 gr olan 10 kaya çeşidi seçilmiştir. 1 nolu masif bazaltın toplam kütlesi: 529,70 gr'dır (Tambur 1). Tambur 2'deki 2 nolu boşluklu bazaltın kütlesi 491,60 gr'dır. Yıpratma sırasında 21 8"lik çelik **demir küre** kullanılmıştır.

EK-2.22.

SUDA DAĞILMAYA KARŞI DAYANIKLILIK DENEYİ - YIPRANMA DAYANIKLILIĞI

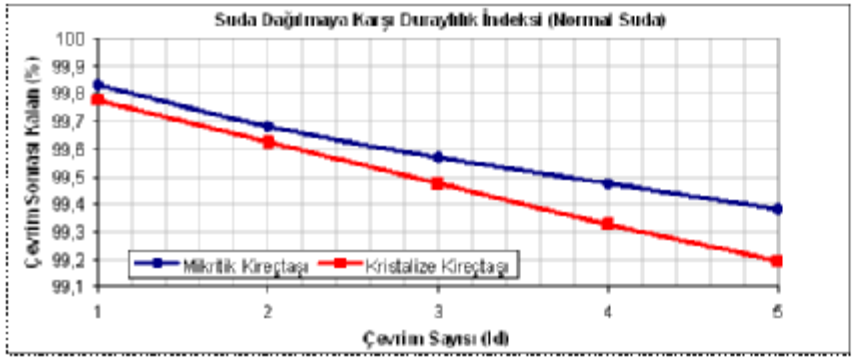
		TAMBUR NO 1	TAMBUR NO 2
Tamburun Kuru ağırlığı	T	1809,80	1777,10
Çevrim sonrası tamburdaki numunenin kuru ağırlığı	A	2342,80	2311,86
1. Çevrim sonrası (tamburdan numune) ağırlığı	B	2342,60	2310,30
2. Çevrim sonrası (tamburdan numune) ağırlığı	C	2341,20	2309,40
3. Çevrim sonrası (tamburdan numune) ağırlığı	D	2340,60	2308,80
4. Çevrim sonrası (tamburdan numune) ağırlığı	E	2340,10	2307,80
5. Çevrim sonrası (tamburdan numune) ağırlığı	F	2339,60	2307,30

TAMBUR NO 1 Numune Ağırlığı (kg)	TAMBUR NO 2 Numune Ağırlığı (kg)
534,00	534,00

TAMBUR NO 1	I_{ss} (%)	99,36
TAMBUR NO 2	I_{ss} (%)	98,26

		TAMBUR NO 1	TAMBUR NO 2
1. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{s1}	99,92	99,78
2. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{s2}	99,86	99,67
3. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{s3}	99,77	99,56
4. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{s4}	99,66	99,33
5. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{s5}	99,56	99,26

TANIMLAMA	I_{s5} (%)	I_{s5} (%)
Aşırı yüksek dayanıklı	99-100	98-100
Çok yüksek dayanıklı	98-99	95-98
Yüksek dayanıklı	95-98	86-95
Orta dayanıklı	86-95	66-86
Düşük dayanıklı	66-86	38-66
Çok düşük dayanıklı	0-66	0-38



NUMUNENİN TANIMLANMASI:

Her biri 40-60 gr olan 10 kaya çakılı seçilmiştir. 1 nolu mikritik kireçtaşının toplam kütlesi 534,0 gr'dır (Tambur 1). Tambur 2'deki kristalize kireçtaşının kütlesi 534,0 gr'dır. Yıpranma testi olarak 20 °C'deki musluk suyu kullanılmıştır.

EM-3 P3

SUDA DAĞILMAYA KARŞI DAYANIKLILIK DENEYİ - YIKANMA DAYANIKLILIĞI

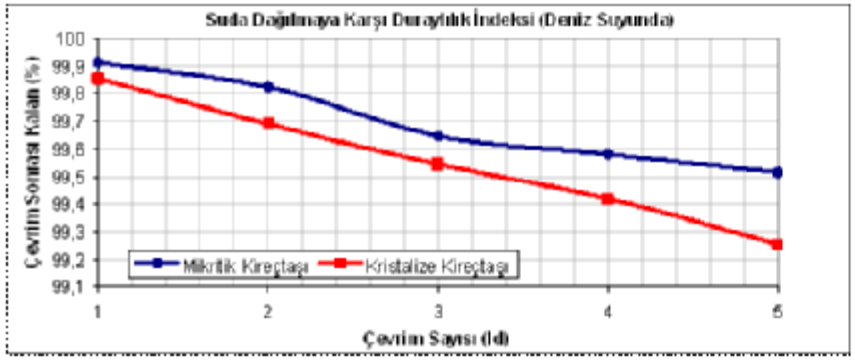
		TAMBUR NO 1	TAMBUR NO 2
Tamburun kuru ağırlığı	T	1772,10	1838,00
Çevrim sonrası tamburdaki numunenin kuru ağırlığı	A	2230,80	2292,30
1. Çevrim sonrası tamburdaki numunenin ağırlığı	B	2230,40	2291,80
2. Çevrim sonrası tamburdaki numunenin ağırlığı	C	2230,00	2291,30
3. Çevrim sonrası tamburdaki numunenin ağırlığı	D	2229,70	2290,10
4. Çevrim sonrası tamburdaki numunenin ağırlığı	E	2229,50	2289,80
5. Çevrim sonrası tamburdaki numunenin ağırlığı	F	2229,00	2289,30

TAMBUR NO 1 Numune Ağırlığı (ag)	TAMBUR NO 2 Numune Ağırlığı (ag)
458,70	454,30

TAMBUR NO 1	I_{dk} (%)	99,92
TAMBUR NO 2	I_{dk} (%)	99,86

		TAMBUR NO 1	TAMBUR NO 2
1. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{d1}	99,91	99,86
2. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{d2}	99,82	99,69
3. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{d3}	99,69	99,54
4. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{d4}	99,58	99,41
5. Çevrim sonrası yıpranmaya dayanıklılık indeksi	I_{dk}	99,52	99,36

TANIMLAMA	I_{dk} (%)	I_{dk} (%)
Aşırı yüksek dayanıklı	99-100	98-100
Çok yüksek dayanıklı	98-99	95-98
Yüksek dayanıklı	95-98	85-95
Orta dayanıklı	85-95	65-85
Düşük dayanıklı	60-85	30-65
Çok düşük dayanıklı	0-60	0-30



NUMUNENİN TANIMLANMASI:
Her biri 45-60 gr olan 10 kayaçtan seçilmiştir. 1 nolu mikritik kireçtaşının toplam kütlesi 554,3 gr'dır (Tambur 1). Tambur 2'deki kristalize kireçtaşının kütlesi 534,3 gr'dır. Yıpranma sıvısı olarak 21 °C'deki **deniz suyu** kullanılmıştır.

EM-3 04

EK-4. ÇALIŞMADA İNCELENEN KAYALARIN KALİTE PUANLARI

Farklı kayalarda elde edilen deney sonuçlarının CIRIA/CUR (1991;2007)'de belirtilen kaya kalitesi puanlar

Deneyler	Masif Bazalt	Boşluklu bazalt	Kristalize Kireçtaşı	Mikritik Kireçtaşı	Kavakdere Kireçtaşı	Kavukkavlağı Kireçtaşı	Tarlaağzı Kireçtaşı	Kıran Kumtaşı	Çömlekçikuyu Andezit	Değirmençayı Kireçtaşı	Tirtar üst Seviye Kireçtaşı	Tirtar orta Seviye Kireçtaşı	Tirtar alt Seviye Kireçtaşı	Deney Aralığının Ortalama Kaya Kalitesi Değerinden Olan Farkı
Birim hacim ağırlık	3	2	3	3	4	3	3	1	2	2	3	1	2	**%23**
Su Emme	3	3	4	4	4	4	3	1	2	2	2	2	2	**%38**
Metilen mavisi emme	3	1	3	4	3	4	4	1	1	4	4	3	2	**%62**
Basma Dayanımı	3	2	3	3	2	1	2	1	1	1	1	1	1	**%62**
Nokta Yük Dayanımı	3	2	2	3	3	3	3	1	2	2	2	1	1	**%23**
Kırılma Tokluğu	3	2	2	3	3	3	3	1	2	1	1	1	1	**%38**
$MgSO_4$	4	4	4	4	4	4	4	1	2	3	3	3	2	**%77**
En büyük değer	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**1**	**2**	**4**	**4**	**3**	**2**	
En küçük değer	**3**	**1**	**2**	**3**	**2**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	
Ortalama değer	**3**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	

NOT: Dolgulu kutular ortalama değerden farklı olan puanları göstermektedir.

Kaya Kalitesi	Puan
Mükemmel	4
İyi	3
Orta	2
Zayıf	1

EK-5. FARKLI KAYALARDA ELDE EDİLEN DENEY SONUÇLARI

Deneyler	Masif Bazalt	Boşluklu bazalt	Kristalize Kireçtaşı	Mikritik Kireçtaşı	Kavakdere Kireçtaşı	Kavukkavlağı Kireçtaşı	Tarlaağzı Kireçtaşı	Kıran Kumtaşı	Çömlekçikuyu Andezit	Değirmençayı Kireçtaşı	Tirtar üst Seviye Kireçtaşı	Tirtar orta Seviye Kireçtaşı	Tirtar alt Seviye Kireçtaşı
Birim hacim ağırlık (t/m^3)	2.65	2.34	2.58	2.61	2.74	2.69	2.65	2.20	2.35	2.42	2.64	2.22	2.31
Su Emme (%)	1.17	1.63	0.26	0.21	0.10	0.20	0.82	7.54	2.70	3.31	3.54	4.77	5.58
Metilen mavisi emme (g/100g)	0.50	1.25	0.65	0.25	0.53	0.27	0.27	2.80	2.93	0.30	0.30	0.43	0.71
Basma Dayanımı (MPa)	117.02	72.56	95.50	102.32	63.93	52.80	70.59	19.34	36.23	26.90	25.25	14.60	9.20
Nokta Yük Dayanımı (MPa)	5.49	3.39	3.88	4.81	5.45	4.15	6.00	0.74	3.96	1.56	1.52	0.95	0.65
Kırılma Tokluğu (MPa $m^{1/2}$)	1.15	0.71	0.81	1.01	1.23	1.02	1.32	0.46	0.99	0.33	0.32	0.20	0.14
$MgSO_4$	0.27	0.44	0.48	0.40	0.08	0.11	0.33	25.12	11.64	4.56	8.59	9.49	23.14