

**KAYAÇLARIN DOKU KATSAYILARI İLE
FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ
ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ**

**Danışman
Doç. Dr. Raşit ALTINDAĞ**

Serkan GÜNAYDIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

ISPARTA – 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLGİSİ.....	3
3. METERYAL ve METOD.....	4
3.1. Materyal.....	4
3.2. Numunelerin Temini.....	4
3.3. Metod.....	4
3.3.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması.....	5
3.3.2. Kayaçların Mineralojik İncelenmesi.....	8
3.3.3. Numunelerin Fiziksel Özellikleri.....	8
3.3.3.1. Yoğunluk Deneyi.....	9
3.3.3.2. Birim Hacim Ağırlık Deneyi.....	9
3.3.3.3. Su Emme Deneyi.....	10
3.3.3.3.1. Kütlece Su Emme Deneyi.....	10
3.3.3.3.2. Hacimce Su Emme Deneyi.....	11
3.3.3.3.3. Kaynar Suda Su Emme Deneyi.....	11
3.3.3.4. Porozite Deneyi.....	12
3.3.3.4.1. Görünür Porozite Deneyi.....	12
3.3.3.4.2. Toplam Porozite Deneyi	13
3.3.3.5. Sismik Hız (V_p) Deneyi.....	13
3.3.3.6. Shore Sertliği.....	15
3.3.3.7. Schmidt Sertliği.....	16
3.3.3.8. Don Sonrası Kütle Kaybı	16
3.3.4. Numunelerin Mekanik Özellikleri.....	18
3.3.4.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi.....	18

3.3.4.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi Deneyi.....	20
3.3.4.3. İndirek Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyi.....	21
3.3.4.4. Eğilme Dayanımı Deneyi.....	23
3.3.4.5. Darbe Dayanımı Deneyi.....	24
3.3.4.6. Don Sonrası Basınç Dayanımı Deneyi	25
3.3.5. Doku Katsayısı (TC) ve Porozitenin Hesaplanması.....	25
3.3.5.1. Doku Katsayısının (TC) Hesaplanması.....	25
3.3.5.2. Bilgisayar Ortamında Boşluk Oranı Hesaplanması.....	30
4. BULGULAR.....	33
4.1. Mineralojik Bulgular.....	33
4.1.1. Kumtaşının Mineralojik Bulguları.....	33
4.1.2. Trakitin Mineralojik Bulguları.....	34
4.1.3. Andezitin Mineralojik Bulguları.....	34
4.1.4. Traki Andezitinin Mineralojik Bulguları.....	35
4.2. Fiziksel Özellikler.....	36
4.2.1. Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık Deneyi.....	37
4.2.2. Su Emme Deneyi.....	37
4.2.3. Kaynar Suda Su Emme Deneyi.....	38
4.2.4. Porozite Deneyi.....	39
4.2.4.1. Görünür Porozite.....	39
4.2.4.2. Toplam Porozite.....	40
4.2.5. Sismik Hız Deneyi.....	40
4.2.6. Shore Sertliği.....	40
4.2.7. Schmidt Sertliği.....	41
4.2.8. Don Sonrası Kütle Kaybı	44
4.3. Mekanik Özellikler.....	45
4.3.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı.....	45
4.3.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi.....	45
4.3.3. İndirek Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyi.....	46
4.3.4. Eğilme Dayanımı.....	46
4.3.5. Darbe Dayanımı.....	47
4.3.6. Don Sonrası Basınç Dayanımı	47

4.4. Doku Katsayısı (TC) ve Boşluk Oranı Hesaplanması.....	49
4.4.1 Doku Katsayısının (TC) Hesaplanması	49
4.4.2. Bilgisayar Ortamında Boşluk Oranı Hesaplanması.....	49
4.5. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi	51
5. SONUÇLAR.....	56
KAYNAKLAR.....	59
EKLER.....	61
ÖZGEÇMİŞ	70

ÖZET

KAYAÇLARIN DOKU KATSAYILARI İLE FİZİKO-MEKANİK ÖZELLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İNCELENMESİ

SERKAN GÜNAYDIN

Mühendislik yapılarının optimum koşullarda ve parametrelerde kurulabilmesi veya planlanabilmesi için söz konusu formasyonların doğru verilerle analiz edilebilmesi gerekmektedir. Kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin, ortam formasyonu hakkında bilgi verdiği düşünülürse, bu verilerin tespit edilmesi önem arz etmektedir. Fiziksel ve mekanik özelliklerin tespiti laboratuvar ve arazi şartlarında yapılacak deneylerle mümkün olmaktadır.

Bu noktadan yola çıkarak, bilim adamları yapmış oldukları araştırmalar ile kayaçların dokusal özellikleri ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasında bir ilişkinin söz konusu olduğunu ileri sürmüşler ve çeşitli incelemelerde bulunmuşlardır. Kayaçların doku katsayısı (TC), bu parametrelerden bir tanesidir. Kayaçların dokusal özelliklerinin sayısallaştırılmasını mümkün kılan doku katsayısı, kayaçların dokusal yapılarının kayaçların yük altında yenilmesine karşı fiziksel bir engel oluşturduğu mantığıyla geliştirilmiştir. Kayaçların delinebilirlik ve kesilebilirlik gibi özelliklerinin doku katsayısı ile ilişkilerinin varlığı çeşitli koşullar altında incelenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada; andezit, traki andezit, trakit ve kumtaşı kayaçları ele alınarak doku katsayıları tespit edilmiş olup fiziksel ve mekanik özellikleri ile ilişkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. Araziden bloklar halinde temin edilen kayaç örneklerinin, fiziksel ve mekanik özellikleri laboratuvarda gerçekleştirilen deneylerle tespit edilmiş, yönlü olarak alınan ince kesitlerden ise doku katsayıları hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, kayacın dokusal özelliklerinin sayısallaştırılarak elde edilen doku katsayısı değeri ile kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri arasında bir ilişkinin varlığından söz etmek mümkündür.

ANAHTAR KELİMELER: *Doku katsayısı (TC), ince kesit, fiziksel özellikler, mekanik özellikler.*

ABSTRACT**THE INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN
TEXTURE COEFFICIENT CONCEPT AND
PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF ROCKS
SERKAN GÜNAYDIN**

It is necessary to be able to analysed with the right data of mentioned formations to set up or plan engineering buildings in optimum conditions and parameters. If it is thought that physical and mechanical properties of rocks gives information about the formation, it is important to determine these data. The determination of physical and mechanical properties is possible with experiments under the conditions of laboratory and in-situ.

From this point of view, scientists have claimed that there is a relationship between textural properties and physical-mechanical properties of rocks by their researches and have made some investigations. Texture coefficient of rock is one of these parameters. The texture coefficient which makes possible to give the textural properties of rocks with numbers, has been developed by thinking that textural forms of rocks are durable of refraction. The relationships between the properties such as drillability and cutability of rocks and texture coefficients have been tried to be investigated under several conditions. In this study; traki andesite, andesite, trakit and sandstone rocks have been evaluated and texture coefficient have been determined; whether there is a relationship with physical-mechanical properties has been researched. The physical-mechanical properties of the rock samples obtained in blocks from the field have been determined by experiments in the laboratories, texture coefficients have been calculated by thin section taken surface by surface.

As a conclusion it is possible to mention a relationship between texture coefficient obtained by giving in numbers the textural properties of rocks and physical and mechanical properties of rocks.

KEY WORDS: *Texture coefficient (TC), thin section, physical properties, mechanical properties*

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans çalışmalarımın yönetimini kabul ederek, bu tezi hazırlamama olanak sağlayan ve çalışmalarımın her aşamasında yakın destek ve yardımlarını gördüğüm tez danışmanım sayın Doç. Dr. Raşit ALTINDAĞ'a, mineralojik-petrografik analizlerde yardımlarından dolayı sayın Yrd. Doç. Dr. Kamil YILMAZ'a, ince kesitlerin bilgisayar ortamına aktarılarak görüntü işleme programı yardımıyla değerlendirmelerde emeği geçen sayın Arş. Gör. Kubilay UYSAL'a ve deneylerin yapılması sırasındaki yardımlarından dolayı sayın Arş. Gör. Nazmi ŞENGÜN'e ve Burak OĞUZ'a sonsuz teşekkür sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmaların her aşamasında manevi desteğini esirgemeyen aileme ve sayın Arş. Gör. Yakup UMUCU'ya sonsuz şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Serkan GÜNAYDIN

Isparta-2006

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Deneylere hazır hale getirilmiş numuneler (a: <i>Kumtaşı</i> , b: <i>Andezit</i>)	6
Şekil 3.2. Deneylere hazır hale getirilmiş numuneler (c: <i>Trakit</i> , d: <i>Traki Andezit</i>)	6
Şekil 3.3. Numune boyutlandırma diski	7
Şekil 3.4. Karot kesme (düzeltme) makinesi	7
Şekil 3.5. Hazırlanan ince kesitlerin görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılması	8
Şekil 3.6. Sismik hız deney düzeneğinin görünümü	14
Şekil 3.7. Shore Scleroscope Cihazı	15
Şekil 3.8. Donma-çözülme deneyinde kullanılan derin dondurucu	17
Şekil 3.9. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan kübik blok gösterimi	19
Şekil 3.10. Tek eksenli basınç dayanımı deney düzeneği	19
Şekil 3.11. Nokta yük dayanım indeksi deneyinde örnek geometrisi	21
Şekil 3.12. Brazilian deneyinin ölçümü için kullanılan düzenek	22
Şekil 3.13. Eğilme dayanımı deney aparatı	23
Şekil 3.14. Darbe dayanımı deney aparatı	24
Şekil 3.15. <i>Andezitin</i> maskelenmiş ince kesit görüntüsü	26
Şekil 3.16. <i>Andezitin</i> ince kesit üzerinde tanelerin çevrelerinin hesaplanması	27
Şekil 3.17. <i>Andezitin</i> ince kesit üzerinde tanelerin maksimum feret çapı, minimum feret çapı ve açılarının hesaplanması	27
Şekil 3.18. İnce kesit taslağı	28
Şekil 3.19. Farklı açılara sahip 3 farklı tane	29
Şekil 3.20. <i>Andezitin</i> ince kesit görüntüsü	31
Şekil 3.21. <i>Andezitin</i> ince kesit üzerinde boşlukların belirlenmesi	32
Şekil 3.22. <i>Andezitin</i> ince kesit üzerinde boşlukların yüzdesinin ve alanını hesaplanması	32
Şekil 4.1. <i>Kumtaşının</i> ince kesit görüntüsü	33
Şekil 4.2. <i>Trakit</i> ince kesit görüntüsü	34
Şekil 4.3. <i>Andezitin</i> ince kesit görüntüsü	35
Şekil 4.4. <i>Traki andezitin</i> ince kesit görüntüsü	36
Şekil 4.5. <i>Kumtaşının</i> schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)	43
Şekil 4.6. <i>Trakit</i> schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)	43

Şekil 4.7.	<i>Andezitin</i> schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)	44
Şekil 4.8.	<i>Traki andezitinin</i> schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)	44
Şekil 4.9.	Bilgisayar ortamında elde edilen boşluk oranı verileri ile TS 699'a göre hesaplanan porozite verilerinin karşılaştırılması	50
Şekil 4.10.	Doku katsayısı ile birim hacim ağırlık arasındaki ilişki	51
Şekil 4.11.	Doku katsayısı ile porozite arasındaki ilişki	52
Şekil 4.12.	Doku katsayısı ile sismik hız arasındaki ilişki	52
Şekil 4.13.	Doku katsayısı ile kütlece su emme arasındaki ilişki	53
Şekil 4.14.	Doku katsayısı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki	54
Şekil 4.15.	Doku katsayısı ile indirek çekme dayanımı arasındaki ilişki	54
Şekil 4.16.	Doku katsayısı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kayaçların lokasyonu ve jeolojisi	4
Çizelge 3.2. Ağırlık faktörü ve sınıf numarası çizelgesi	30
Çizelge 4.1. Yoğunluk deney verileri	37
Çizelge 4.2. Birim hacim ağırlık deney verileri	37
Çizelge 4.3. Kütlece su emme deney verileri	38
Çizelge 4.4. Hacimce su emme deney verileri	38
Çizelge 4.5. Kaynar suda kütlece su emme deney verileri	38
Çizelge 4.6. Kaynar suda hacimce su emme deney verileri	39
Çizelge 4.7. Görünür porozite deney verileri	39
Çizelge 4.8. Toplam porozite deney verileri	40
Çizelge 4.9. Sismik hız deney verileri	40
Çizelge 4.10. Shore sertliği deney verileri	41
Çizelge 4.11. Farklı noktalardan L tipi schmidt çekici verileri	41
Çizelge 4.12. Farklı noktalardan N tipi schmidt çekici verileri	41
Çizelge 4.13. Aynı noktadan L ve N Tipi schmidt çekici verileri	42
Çizelge 4.14. Don sonrası kütle kaybı deney verileri	45
Çizelge 4.15. Tek eksenli basınç dayanımı deney verileri	45
Çizelge 4.16. Nokta yük dayanım indeksi deney verileri	46
Çizelge 4.17. İndirek çekme dayanımı deney verileri	46
Çizelge 4.18. Eğilme dayanımı deney verileri	47
Çizelge 4.19. Darbe dayanımı deney verileri	47
Çizelge 4.20. Don sonrası tek eksenli basınç dayanım deney verileri	48
Çizelge 4.21. TC ve TC tespiti için gerekli olan dokusal özellik değişkenleri	49
Çizelge 4.22. Bilgisayar ortamında elde edilen boşluk oranı verileri	50
Çizelge 4.23. Bilgisayar ortamında elde edilen boşluk oranı verileri ile TS 50 699'a göre hesaplanan porozite verilerinin karşılaştırılması	50
Çizelge 4.24. Doku katsayısı ile parametreler arasında elde edilen ilişki denklemleri	55

1. GİRİŞ

Mühendislik yapılarının optimum koşullarda planlanabilmesi için söz konusu formasyonların doğru verilerle analiz edilebilmesi gerekmektedir. Ortam formasyonu hakkında en önemli bilgi, laboratuvar ve arazi şartlarında yapılacak deneylerle elde edilecek kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin hesaplanması ile elde edilir. Yapılan testler sonrasında hesaplanan parametreler gerçek hayata uygulandığında çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır. Kayaç malzemesinin içerdiği çatlaklar, süreksizlikler ve bunun gibi tespit edilen veya edilemeyen yapı bozuklukları gibi etkenlerden dolayı örtüşmeyen değerler neticesinde farklı arayışlara gidilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kayaçların mühendislik özelliklerinin (fiziksel ve mekanik özellikler), kayaçların dokusal özelliklerinden de etkilendiği bilinmekle birlikte, bu alanda dokusal kayaç özelliklerinin bileşimsel özelliklerden daha etkin olduğu ifade edilmektedir (Ulusay vd, 1994; Turul ve Zarif, 1999). Dokusal kayaç özelliklerinin kayaçların dayanımını önemli ölçüde etkilemektedir.

Kayaçların dokusal özellikleri; kayaçlardan alınan ince kesitlerin incelenmesi sonucunda, dokuyu oluşturan tanelerin ve matriksin özelliklerinin bir bütün olarak düşünülmesi ile ortaya çıkan özellikleridir. Bu konu üzerinde uzun yıllar boyunca çalışmalar ve araştırmalar yapılmış olup, en önemli adım Howarth ve Rowlands (1987) tarafından ileri sürülen doku katsayısı (texture coefficient (TC)) ile atılmıştır. Öne sürülen doku katsayısı parametresiyle kayaçların dokusal özelliklerini sayısallaştırmak mümkün kılınmıştır ve bunun ardından çeşitli bilim adamları da doku katsayısı ile bazı mekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. TC ile bazı mekanik parametrelerin arasındaki ilişkiler genel olarak lineer korelasyonun varlığına dayandırılarak araştırılmıştır. Bu sayede, kayaçların dokusal özellikleri ile mekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmak mümkün olmuştur (Öztürk ve Nasuf, 2002).

Öte yandan bilim adamları TC konusunda bugüne kadar çok sayıda kayaç üzerinde araştırmalar ve incelemelerde bulunmuş, genel itibariyle TC değerlerinin sedimanter kayaçlarda 0 ile 1,0 arasında, metamorfik kayaçlarda 1,0 ile 2,0 arasında, mağmatik kayaçlarda ise 1,5 ile 3,0 arasında olduğunu tespit etmişlerdir. Fakat kayaçların geçirmiş oldukları alterasyon derecelerine göre TC değerlerinde aynı oranda bir düşüş olduğu gözlenmiştir. Yapılan bu araştırmalar göstermektedir ki kayaçların TC değerleri kayacın dayanımına bağlı olarak değişmektedir. İki kayacın dayanımı TC değerlerine göre karşılaştırıldığında TC değeri yüksek olan kayacın diğerine göre göreceli olarak daha sağlam ve dayanıklı olduğu düşünölmelidir

Bu çalışmanın temel amacı ise doku katsayısı ile bugüne kadar araştırılmamış kayaçların diğer fiziksel ve mekanik özellikleri arasında ilişkilerin olup olmadığını irdelemektir. Bu sayede kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri ile TC arasında yüksek korelasyonda bir ilişkinin varlığını araştırmak ve daha önce yapılmış çalışmalar ile bir karşılaştırma yapmak mümkün olacaktır.

Çalışmada inşaat sektörünün vazgeçilmez bir tercihi olan, gerek dış cephe izolasyonu, gerekse kaldırım, bordür ve merdivenlerde, yaya yollarında, park ve bahçe düzenlemelerinde, istinat duvarı yapımında, şehir mobilyaları olarak sık sık uygulanan *andezit*, *traki andezit*, *trakit* ve kuvars taneleri oranı yüksek olan *kumtaşı* kayaçları ele alınmıştır. Bu tez çalışmasında *andezit* (Gölbaşı-Ankara), *traki andezit* (Isparta), *trakit* (Gönen) ve *kumtaşı* (Isparta) kayaçları üzerinde deneyler yapılmıştır.

2. KAYNAK BİLGİSİ

Howarth ve Rowlands (1987) tarafından yapılan çalışmada, sondaj makinesinin ilerleme hızı, tek eksenli basınç dayanımı, çekme dayanımı ve statik elastisite modülü ile TC arasındaki ilişkiler 10 farklı kayaç türü için incelenmiştir. Sonuçlar lineer regresyon analizi ile değerlendirilerek genelde yüksek korelasyona sahip ilişkiler bulunmuştur.

Azzoni vd. (1996) tarafından yapılan çalışmada ise TC ile kayaçların tek eksenli basınç dayanımları arasındaki ilişkiler farklı kayaç türleri için gerçekleştirilmiş, ilişkilerin varlığı hakkında yorumlar yapılmıştır. Ancak, Howarth ve Rowlands (1987) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi bu parametreler arasındaki lineer bir ilişkinin varlığı hakkında yorum yapılmamıştır.

Ersoy ve Waller (1995) tarafından yapılan çalışmada ise yine farklı kayaç türlerinin TC değerleri ile farklı mekanik ve fiziksel özellikleri arasındaki ilişkileri araştırılmıştır. Daha önce Howarth ve Rowlands (1987), tek eksenli basınç dayanımı ile TC arasında 0,92 korelasyon katsayısına sahip bir ilişkinin varlığından söz ederken, Ersoy ve Waller (1995) ise 0,641 korelasyon katsayılı bir ilişki tespit etmişlerdir. TC ile kayaçların aşınabilirlikleri arasında yüksek korelasyonlu bir ilişkinin var olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Bugüne kadar araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar göstermektedir ki, kayaçların çeşitli fiziksel ve mekanik özellikleri ile doku katsayıları arasında bir ilişkinin varlığı söz konusudur.

3. METARYAL ve METOD

3.1. Materyal

Dayanıklılık özellikleriyle *andezit*, *traki andezit* ve *trakit*, inşaat sektöründe çok yaygın olarak kullanılan yapıtaşlarıdır. Gerek dış cephe izolasyonu, gerekse kaldırım, bordür ve merdivenlerde sık sık uygulanmaktadırlar. Öte yandan, kuvars taneleri oranı yüksek olan kumtaşı ise; inşaatta, yol ve kaldırımlara döşeme malzemesi olarak dekoratif amaçlı, çok ince olanları da bileme taşı olarak kullanılmaktadır. Dolayısıyla, bu tez çalışmasında materyal olarak *andezit* (Gölbaşı-Ankara), *traki andezit* (Isparta), *trakit* (Gönen) ve *kumtaşı* (Isparta) kullanılmıştır.

3.2. Numunelerin Temini

Çalışmada Isparta'nın Gönen ilçesinden *trakit* ve Sav kasabası'ndan *traki andezit* temin edilmiştir. *Andezit* numunesi ise Ankara Gölbaşı'ndan ve *kumtaşı* ise Göltaş A.Ş. (Isparta)'ye ait hammadde ocaklarından bloklar halinde temin edilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan kayaçların lokasyon ve jeolojisi

Kayaç	Lokasyonu	Jeolojisi
Kumtaşı	Isparta	Sedimanter
Trakit	Isparta-Gönen	Mağmatik
Andezit	Ankara-Gölbaşı	Mağmatik
Traki Andezit	Isparta-Sav	Mağmatik

3.3. Metod

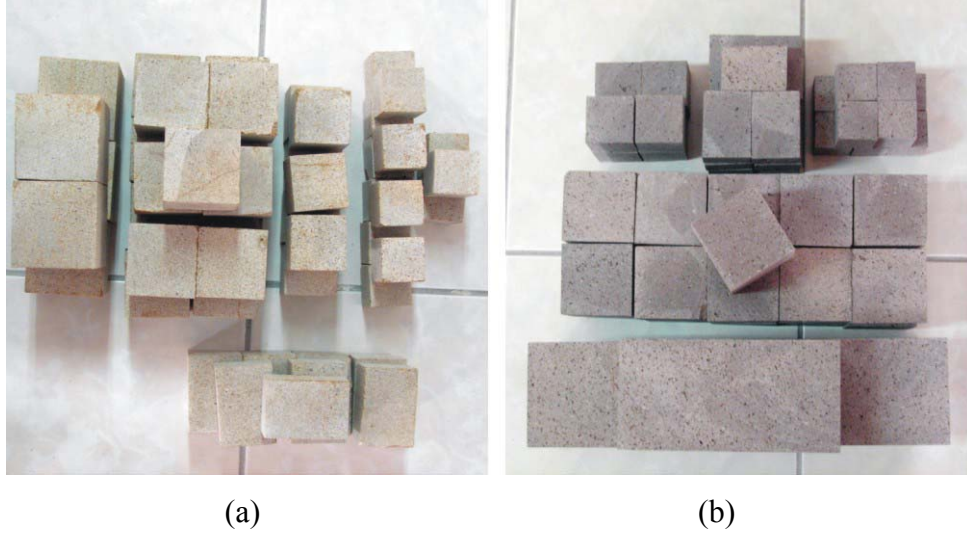
Temin edilen numunelerin mineralojik ve fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla planlanan deneyler için gerekli numune boyutları ve doku katsayısının (TC) hesaplanabilmesi için yönlü ince kesitler hazırlanmıştır.

Hazırlanan deney numuneleri üzerinde fiziksel özelliklerden birim hacim ağırlık (BHA), porozite (P), sismik hız (V_p), hacimce su emme (HSE) ve kütlece su emme (KSE), kaynar suda kütlece su emme (KSKSE), kaynar suda hacimce su emme (KSHSE), don sonrası kütle kaybı, shore sertliği (SH) ve schmidt sertliği (SS) değerlerinin belirlenmesi için deneyler yapılmıştır. Basınç dayanımı (σ_c), don sonrası basınç dayanımı (σ_{cd}), nokta yük dayanım indeksi ($I_{S(50)}$), çekme dayanımı (σ_t), eğilme dayanımı (σ_b) ve darbe dayanımı (σ_{da}) gibi mekanik deneyler de hazırlanan numuneler üzerinde yapılmıştır. Daha sonra donma-çözülme deneyleri için bu numuneler doygun hale getirilmişlerdir. Böylece inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan *andezit*, *trakit*, *traki andezit* ve *kumtaşının*, iklimsel özelliklerden olan donma-çözülme olaylarında fiziksel ve mekanik özelliklerinin nasıl etkilendiği laboratuvar ortamında kısmen de olsa incelenmeye çalışılmıştır. Son olarak yönlü olarak alınan ince kesitlerden doku katsayısı hesaplanmış ve daha sonra ince kesitlerden bilgisayar ortamında her numunenin toplam porozitesi hesaplanmıştır.

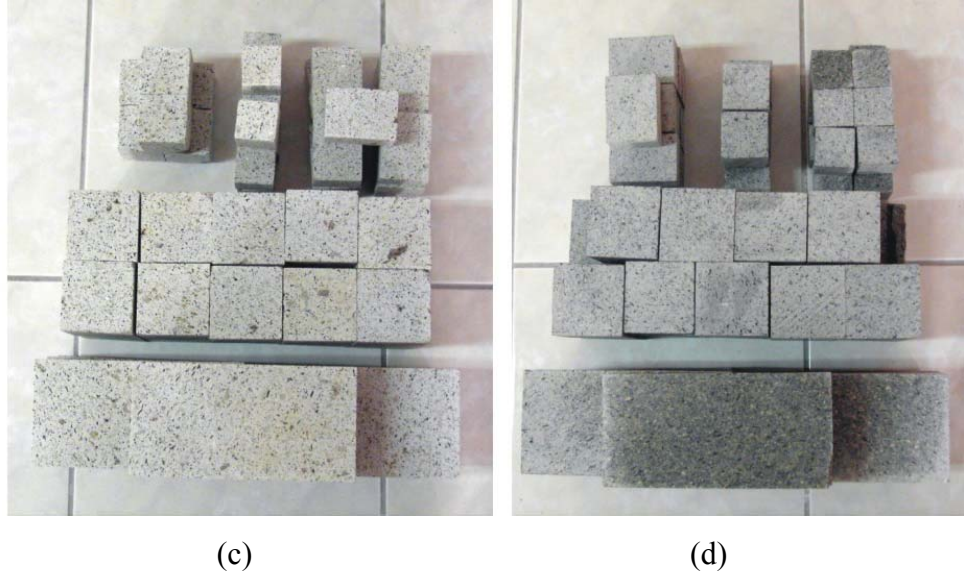
3.3.1. Deney Numunelerinin Hazırlanması

Araziden temin edilen numune bloklarının boyutlarının yaklaşık 20x30x20 cm. civarında olmasına özen gösterilmiştir. Bu blok örneklerinden TS 699 (1987)'de belirtilen deney boyutlarında numuneler Maden Mühendisliği Bölümü Doğal Taşlar Teknolojisi Laboratuvarında hazırlanmıştır. Numune boyutları, Şekil 3.3 ve 3.4'de gösterilen numune boyutlandırma ekipmanları yardımıyla boyutlandırılmıştır. Dikey karot alma makinesiyle alınan karotlar ise karot kesme makinesiyle gerekli olan boy/çap oranlarında boyutlandırılmıştır. Deneylerde kullanılan numunelerin genel görünüşü Şekil 3.1 ve 3.2.'de verilmiştir.

Yönlü olarak alınan ince kesitlerin görüntüleri ise Şekil 3.5'de verilen mikroskop yardımıyla incelenmiş ve görüntüler bilgisayar ortamına aktarılarak değerlendirilmeler bu görüntüler üzerinde yapılmıştır.



Şekil 3.1. Deneylere hazır hale getirilmiş numuneler (a: *Kumtaşı*, b: *Andezit*)



Şekil 3.2. Deneylere hazır hale getirilmiş numuneler (c: *Trakit*, d: *Traki Andezit*)



Şekil 3.3. Numune boyutlandırma diski



Şekil 3.4. Karot kesme (düzeltme) makinesi



Şekil 3.5. Hazırlanan ince kesitlerin görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılması

3.3.2. Kayaçların Mineralojik İncelenmesi

Kayaçların mineralojik yapısının incelenmesi için kayaç örneklerinden ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan bu ince kesitlerin mikroskop altında görüntüleri incelenmiş ve kayacı oluşturan mineral dağılımı ve matrix yapısı belirlenmiştir.

3.3.3. Numunelerin Fiziksel Özellikleri

Numunelerin fiziksel özellikleri TS 699 (1987) ve ISRM (1981)'e göre belirlenmiştir. Bu bölümde numunelerin yoğunluğu, birim hacim ağırlığı, görünür porozitesi, toplam porozitesi, kütlece ve hacimce su emme oranı, kaynar suda su

emme oranı, sismik hız, shore sertliği, schmidt sertliği ve don sonrası kütle kaybı gibi özellikleri belirlenmiştir.

3.3.3.1. Yoğunluk Deneyi

Yoğunluk analizleri TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Çalışmada her numune için 3'er yoğunluk deneyi yapılmış ve değerlendirmelerde bu 3 deneyin aritmetik ortalaması dikkate alınmıştır. Yoğunluk değerlerinin hesaplanmasında Eşitlik 3.1 kullanılmış olup elde edilen veriler Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

$$d_o = \frac{A_B}{(A_A + A_B) - A_C} \quad [3.1]$$

Burada;

d_o : Yoğunluk (g/cm^3),

A_A : Piknometre + Su (g),

A_B : Numune miktarı (g),

A_C : Piknometre + Su + Numune miktarı (g).

3.3.3.2. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Bu deneyde ele alınan doğal yapı taşlarının birim hacmin ağırlıkları TS 699 (1987)'a göre tayin edilmiştir. Birim hacim ağırlık değerleri Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanmış olup, bu deneyde her kayaç örneği için 5x5x5 cm. boyutlarında 5'er adet örnek kullanılmış ve deneylere ait ortalama sonuçlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

$$d_h = \frac{G_K}{G_{DH} - G_{DS}} \quad [3.2]$$

Burada;

d_h : Taşın birim hacim ağırlığı (g/cm^3),

G_K : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş taşın ağırlığı (g),

G_{DH} : Doygun haldeki deney numunesinin havadaki ağırlığı (g),

G_{DS} : Doygun haldeki taşın su içindeki ağırlığı (g).

3.3.3.3. Su Emme Deneyi

Kayaç örneklerinin su emme kapasitesinin belirlenmesi için atmosfer basıncında hacimce ve kütlece su emme, kaynar suda hacimce ve kütlece su emme deneyleri yapılmıştır.

3.3.3.3.1. Kütlece Su Emme Deneyi

Atmosfer basıncında kütlece su emme deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılarak *kumtaşı, trakit, andezit ve traki andezit* örneklerinin kütlece su emme oranı değerleri bulunmuştur. Kütlece su emme oranı Eşitlik 3.3 yardımıyla hesaplanmış ve her kayaç örneği için $5 \times 5 \times 5$ cm. boyutlarında 5'er adet örnek kullanılmış ve ortalama sonuçlar Çizelge 4.3'de verilmiştir.

$$S_K = \frac{G_D - G_K}{G_K} \times 100 \quad [3.3]$$

Burada;

S_K : Taşın kütlece su emme oranı (%),

G_D : Taşın doymun haldeki ağırlığı (g),

G_K : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş taşın ağırlığı (g).

3.3.3.3.2. Hacimce Su Emme Deneyi

Hacimce su emme deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılarak kayaçların hacimce su emme oranları hesaplanmıştır. Hacimce su emme oranı Eşitlik 3.4 yardımıyla belirlenmiş olup her kayaç örneği için 5x5x5 cm. boyutlarında 5'er adet örnek kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4'de verilmiştir.

$$S_H = \frac{G_D - G_K}{G_D - G_{DS}} \times 100 \quad [3.4]$$

Burada;

S_H : Taşın hacimce su emme oranı (%),

G_D : Taşın doygun haldeki ağırlığı (g),

G_K : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş taşın ağırlığı (g),

G_{DS} : Doygun haldeki taşın su içindeki ağırlığı (g).

3.3.3.3.3. Kaynar Suda Su Emme Deneyi

Kaynar suda su emme deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılarak kayaçların kaynar suda kütlece ve hacimce su emme oranları hesaplanmıştır. Kaynar suda kütlece su emme oranı Eşitlik 3.5, kaynar suda hacimce su emme oranı Eşitlik 3.6 yardımıyla hesaplanmıştır. Her kayaç örneği için 5x5x5 cm. boyutlarında 5'er adet örnek kullanılmış ve deneye ait sonuçlar Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

$$S_{KK} = \frac{G_D - G_K}{G_K} \times 100 \quad [3.5]$$

Burada;

S_{KK} : Kaynar suda kütlece su emme oranı (%),

G_D : Kaynar suda doygun hali getirilmiş taşın havadaki ağırlığı (g),

G_K : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş taşın ağırlığı (g).

$$S_{KH} = \frac{G_D - G_K}{G_D - G_{DS}} \times 100 \quad [3.6]$$

Burada;

S_{KH} : Kaynar suda hacimce su emme oranı (%),

G_D : Kaynar suda doygun hali getirilmiş taşın havadaki ağırlığı (g),

G_{DS} : Kaynar suda doygun hali getirilmiş taşın su içindeki ağırlığı (g),

G_K : Değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş taşın ağırlığı (g).

3.3.3.4. Porozite Deneyi

Porozite tayininde gözeneklilik yapısının bulunması amaçlanmaktadır. Kayaçların görünür porozite ve toplam poroziteleri belirlenmiştir.

3.3.3.4.1. Görünür Porozite Deneyi

Kayaçların görünür porozite deneyleri TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Kayacın görünür porozitesi hacimce su emme değerine eşit olup deneye ait sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Kayacın porozitesi Eşitlik 3.4 ile hesaplandığı gibi Eşitlik 3.7 yardımıyla da hesaplanır.

$$P_G = d_h \times S_k \quad [3.7]$$

Burada;

- P_G : Görünür porozite oranı (%),
 d_h : Taşın birim hacim ağırlığı (g/cm^3),
 S_k : Taşın kütlece su emme oranı (%).

3.3.3.4.2. Toplam Porozite Deneyi

Toplam porozite deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Toplam porozite değeri Eşitlik 3.8 yardımıyla hesaplanmış ve her kayaç örneği için 5x5x5 cm. boyutlarında 5'er adet örnek kullanılmış ve deneye ait sonuçlar Çizelge 4.8'de verilmiştir.

$$P_T = \left(1 - \frac{d_h}{d_o}\right) \times 100 \quad [3.8]$$

Burada;

- P_T : Kayacın toplam porozitesi (%)
 d_h : Taşın birim hacim ağırlığı (g/cm^3),
 d_o : Yoğunluk (g/cm^3).

3.3.3.5. Sismik Hız (V_p) Deneyi

Deneyler kuru örnekler üzerinde ISRM (1981)'e uygun olarak yapılmıştır. Deney numunelerinin boyları üç farklı noktadan ölçülüp aritmetik ortalaması alınarak ortalama numune boyu hesaplanmıştır. Numune alt ve üst tabanları sonuçların sağlıklı olması açısından pürüzsüz ve düzgün olmalıdır. Deneye başlamadan önce deney aleti kendi kalibre aparatıyla kalibre edilmiştir (Şekil 3.6). Numunenin alt ve üst yüzeyleri ile aletin gönderici ve alıcıları (çevirgeç) arasındaki temasın artırılarak

tam teması sağlamak amacıyla ve düz bir yüzey oluşturmak için numunelerinin tabanlarına ince bir şekilde gres sıvanmıştır. Sonra cihazın dijital göstergesinden P - dalgasının örnekten geçiş süresi mikro saniye (T_p) olarak ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler Eşitlik 3.9'da yerine konarak numunelerin sismik hız (V_p) değerleri hesaplanmıştır.

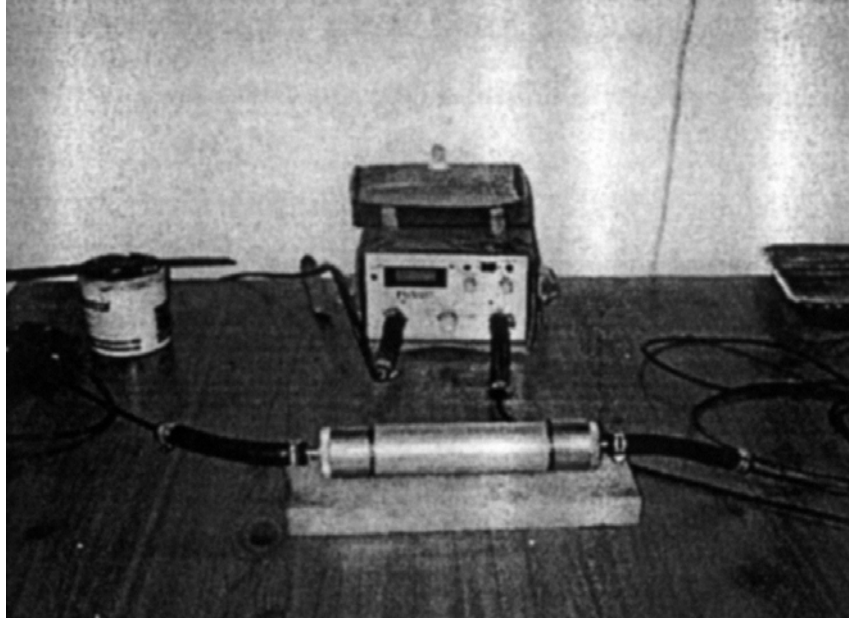
$$V_p = \frac{L}{T_p} \quad [3.9]$$

Burada;

V_p : P - dalgasının yayılma hızı (m/sn),

L : Numunenin boyu (mm),

T_p : P - dalgasının ilerleme zamanı (μ s).



Şekil 3.6. Sismik hız deney düzeneğinin görünümü

Donma - çözülme deneylerine başlamadan önce numunelerin ölçülen başlangıç ortalama sismik hız (V_p) değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. Sismik hız V_p

ölçümlerinde her kayaç örneği için 7x7x7 cm. boyutlarında 6'şar adet örnek kullanılmıştır.

3.3.3.6. Shore Sertliği

Shore sertliği deneyi Altındağ ve Güney (2006) tarafından önerilen ISRM standardına göre yapılmıştır. Shore sertliği testlerinde her kayaç için 2'şer örnek alınarak birer yüzeyleri 200 numaralı zımpara yardımıyla düzeltilmiş ve pürüzsüz hale getirilmiştir. Shore sertliklerinin belirlenmesinde C-2 tipi Shore Scleroscope'u (Şekil 3.7) kullanılmıştır. Pürüzsüz yüzeyde 20 adet okuma yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması hesaplanarak Shore sertliği değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir.



Şekil 3.7. Shore Scleroscope Cihazı

3.3.3.7. Schmidt Sertliği

Schmidt sertliği deneyi ISRM (1985)'e göre yapılmıştır. Schmidt sertliği için L tipi ve N tipi olmak üzere 2 tip Schmidt çekici kullanılmıştır. Numuneler zerinde L ve N tipi Schmidt ekileriyle aynı noktadan ve farklı noktalardan alınmak üzere 2 farklı şekilde ölçümler yapılmıştır. Aynı noktadan ve farklı noktalardan olmak üzere her bir kayaç numunesi için 20 adet okuma yapılmış ve bunların aritmetik ortalaması hesaplanmış ve sonuçlar izelge 4.11-4.13'de verilmiştir.

3.3.3.8. Don Sonrası Kütle Kaybı

Donma - zlme olaylarının kayaçlar üzerinde ne kadar kütle kaybına sebep olduğunu incelemek için deney numuneleri laboratuvar ortamında donma -çözülme periyotlarına tabi tutulmuştur. Donma - zlme deneyleri TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Fakat unutulmamalıdır ki Lienhart (1988)'a göre donma - çözülme deneyleri gerçek doğa koşullarını yeterince yansıtamamaktadır. Çünkü laboratuvar deneyleri doğal koşullara göre daha hızlı gerçekleştirilmektedir.

Bu aşamada, önceki bölümlerde anlatılan deneylere ait numuneler, haznesine alabilecek boyutta bir derin dondurucuya (şekil 3.8) konulmuştur. Derin dondurucu numunelerin - 20° C'de sabit kalmasını sağlayacak özelliktedir. Donma işleminin sonrasında numunelerin içine konabileceği yeterli büyüklük ve derinliğe sahip bir su havuzu kullanılmıştır. Su havuzunun içerisine numuneler konulduğunda tüm örneklerin tamamen suyun altında kalmasına dikkat edilmiştir. Su sıcaklığı bir termometre ile zaman zaman kontrol edilmiş ve suyun sıcaklığının standartlarda öngörüldüğü gibi $20 \pm 5^\circ \text{C}$ aralığında olması sağlanmıştır.



Şekil 3.8. Donma –çözülme deneyinde kullanılan derin dondurucu

Deney için hazırlanmış olan bütün numuneler yaklaşık olarak $110 \pm 5^\circ$ C'lik hava sirkülasyonlu etüvde tamamen kurutulduktan sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Etüvde, bünyedeki nemleri tamamen alınan kayaç numunelerinin ağırlıkları alınarak yaklaşık olarak $20 \pm 5^\circ$ C sıcaklıktaki su havuzuna yerleştirilerek tamamen suya doymun hale getirilmişlerdir. Deneyler esnasında numuneler 45 saat su içerisinde bekletilmiş ve tamamen doymun hale gelmeleri sağlanmıştır. Böylece, tüm numuneler donma - çözülme deneylerine hazır hale getirilmiştir.

Donma - çözülme deneyleri, kayaçların doğada suya doymun halde, donma çözülme olaylarına maruz kaldığı düşünülerek gerçekleştirilmiştir. Deneylere hazır hale getirilmiş doymun haldeki kayaç numuneleri yaklaşık olarak sıcaklığı -20° C'ye getirilmiş olan derin dondurucu içerisine yerleştirilmiştir. Numune yüzeylerinin dondurucudaki soğuk havayla tam temas sağlayacak şekilde yerleştirilmesine özen gösterilmiştir. Donma - çözülme deneyi için dikkat edilmesi gereken tüm parametrelerin sağlanmasıyla numuneler derin dondurucunun içerisinde 2 saat boyunca bekletilmiştir. Bu esnada derin dondurucunun kapağı ısının kontrolü dışında açılmayarak 2 saat boyunca numunelerin daha önce belirtilen uygun ve sabit sıcaklıkta kalmaları sağlanmıştır.

Dondurucuda -20° C'de 2 saat bekletilen numuneler daha sonra su havuzu içerisine tamamen suya gömülü olacak şekilde yerleştirilmiştir. Numuneler 2 saat boyunca su havuzunda bekletilerek buzlarının çözülmesi sağlanmıştır.

Numuneler 2 saat derin dondurucuda bırakılıp ve daha sonrada yine 2 saat su havuzu içerisinde bekletilmeleriyle bir periyot tamamlanmış olmaktadır. Toplam 25 periyottuk bir deney programı uygulanmıştır.

Tüm periyotların tamamlanmasının ardından etüvde kurutulan numuneler desikatörde soğutularak tartımları alınmış ve don sonrası kütle kaybı verileri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14 de verilmiştir.

3.3.4. Numunelerin Mekanik Özellikleri

İncelenen kayaç örneklerinin mekanik özellikleri TS 699 (1987), TS 7654 (1989) ve ISRM (1985)'e göre belirlenmiştir. Mekanik özelliklerin tayininde kayaçların basınç dayanımı, don sonrası basınç dayanımı, don sonrası kütle kaybı, nokta yükü dayanım indeksi, indirekt çekme dayanımı (Brazilian) ve darbe dayanımı gibi deneyler yapılmıştır.

3.3.4.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Kayaçların tek eksenli basınç dayanım deneyleri TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Her kayaç örneği için 7x7x7 cm. boyutlarında 6'şar adet örnek kullanılmış ve tek eksenli basınç dayanımı belirlenmiştir. Deneye ait sonuçlar Çizelge 4.15'de verilmiştir. Numuneler hidrolik preste (Şekil 3.9) sabit yükleme hızı altında kırılmıştır. Tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) Eşitlik 3.10 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

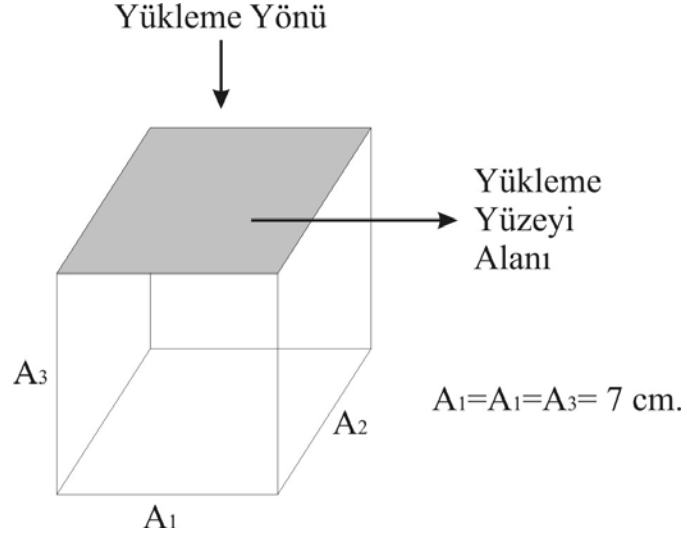
[3.10]

Burada;

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı (kg/cm^2),

P : Yenilme anındaki yük (kg),

A : Numunenin kesit alanı (cm^2).



Şekil 3.9. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinde kullanılan kübik blok gösterimi



Şekil 3.10. Tek eksenli basınç dayanımı deney düzeneği

3.3.4.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi Deneyi

Nokta yük dayanım indeksi deneyi ISRM (1985)'e göre yapılmıştır. Her kayaç örneği için 3x5x7 cm. boyutlarında 6'şar adet prizmatik numuneler kullanılmış ve deneylere ait sonuçlar Çizelge 4.16. da verilmiştir. Deneyde $L \geq 0.5 D$ ve $0.3 A < D < A$ boyut limitleri kullanılarak nokta yük dayanım indeks değerleri 3.11-3.14 eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$De = 1.128\sqrt{d \times a} \quad [3.11]$$

Burada;

- De : Eşdeğer çap (cm),
 d : Numune yüksekliği (cm),
 a : Numune genişliği (cm).

$$I = \frac{P}{D_e^2} \quad [3.12]$$

Burada;

- I_s : Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi (kg/cm^2).
 P : Kırılma yükü (kg),
 De : Eşdeğer çap (cm).

$$F = \left(\frac{D_e}{50}\right)^{0.45} \quad [3.13]$$

Burada;

- F : Düzeltme faktörü,
 De : Eşdeğer çap (cm).

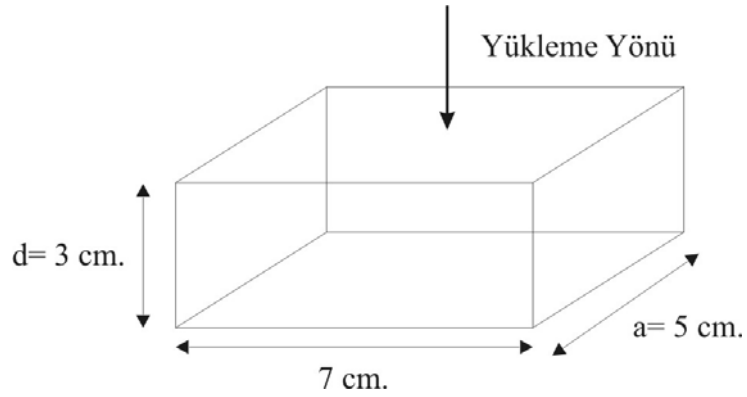
$$I_{S50} = I \times F \quad [3.14]$$

Burada;

I_{S50} : Düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi,

I : Düzeltilmemiş nokta yük dayanım indeksi (kg/cm²).

F : Düzeltme faktörü,



Şekil 3.11. Nokta yük dayanım indeksi deneyinde örnek geometrisi

3.3.4.3. İndirek Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyi

Kayacın indirek çekme dayanımı değerleri TS 7654 (1989)'e göre yapılmıştır. Her kayaç örneği için 2,7 cm. boyunda, 5,4 cm. çapında 6'şar adet örnek kullanılmıştır. Numunelerin kırılma yük değerleri çok düşük olduğundan nokta yük dayanım indeksi deney aparatında yapılan bir düzenek (Şekil 3.12.) vasıtasıyla Brazilian çekme dayanımı deneyi yapılmıştır. Çekme dayanımı deneyinde numuneler için TS 7654 (1989)'e göre boy/çap oranı 0,5 olarak alınmıştır. Çekme dayanımı için hesaplanan değerleri Çizelge 4.17'de verilmiştir.



Şekil 3.12. Brazilian deneyinin ölçümü için kullanılan düzenek

Numunelerin çekme dayanım değerleri Eşitlik 3.15 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\sigma_t = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times D} \quad [3.15]$$

Burada;

- σ_t : Çekme dayanımı (kg/cm²),
- P : Kırılma yükü (kg),
- L : Numunenin kalınlığı (cm),
- D : Numunenin çapı (cm).

3.3.4.4. Eğilme Dayanımı Deneyi

Eğilme dayanımı (σ_b) deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılarak kayaçların eğilme dayanımları belirlenmiştir. Her kayaç örneği için 5x10x20 cm. boyutlarında 5'er adet örnek kullanılmış ve deneylere ait sonuçlar Çizelge 4.18'de verilmiştir. Numuneler eğilme dayanımı deney aparatında (Şekil 3.13) sabit yükleme hızı altında kırılmıştır. Eğilme dayanımları (σ_b) Eşitlik 3.16 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\sigma_b = \frac{3 \times P \times L}{2 \times B \times H^2} \quad [3.16]$$

Burada;

- σ_b : Eğilme dayanımı (kg/cm^2),
- P : Kırılma yükü (kg),
- L : Numunenin alt mesnetler arasında kalan boyu (cm),
- B : Numunenin genişliği (cm),
- H : Numunenin yüksekliği (cm).



Şekil 3.13. Eğilme dayanımı deney aparatı

3.3.4.5. Darbe Dayanımı Deneyi

Darbe dayanımı (σ_{da}) deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılarak kayaçların darbe dayanım değerleri belirlenmiştir. Her kayaç için 4x4x4 cm. boyutlarında 6 adet örnek kullanılmıştır. Darbe dayanımı (σ_{da}) Eşitlik 3.17 yardımıyla hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.19'da verilmiştir.

$$\sigma_{da} = n \times (n + 1) \quad [3.17]$$

Burada;

σ_{da} : Darbe dayanımı (kgf.cm/cm³),

n : Kırılmaya sebep olan darbe sayısı.



Şekil 3.14 Darbe dayanımı deney aparatı

3.3.4.6. Don Sonrası Basınç Dayanımı Deneyi

Donma - çözülme olaylarının kayalar üzerinde basınç dayanım değerlerini nasıl etkilediğini incelemek için deney numuneleri laboratuvar ortamında donma -çözülme periyotlarına tabi tutulmuştur. Donma - çözülme deneyleri TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Bölüm 3.3.3.8.'de anlatıldığı gibi donma – çözülme periyotları tamamlanmış ve don sonrası kütle kaybı değerleri hesaplanmış kayalar numuneleri don sonrası basınç dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler Çizelge 4.20'de verilmiştir.

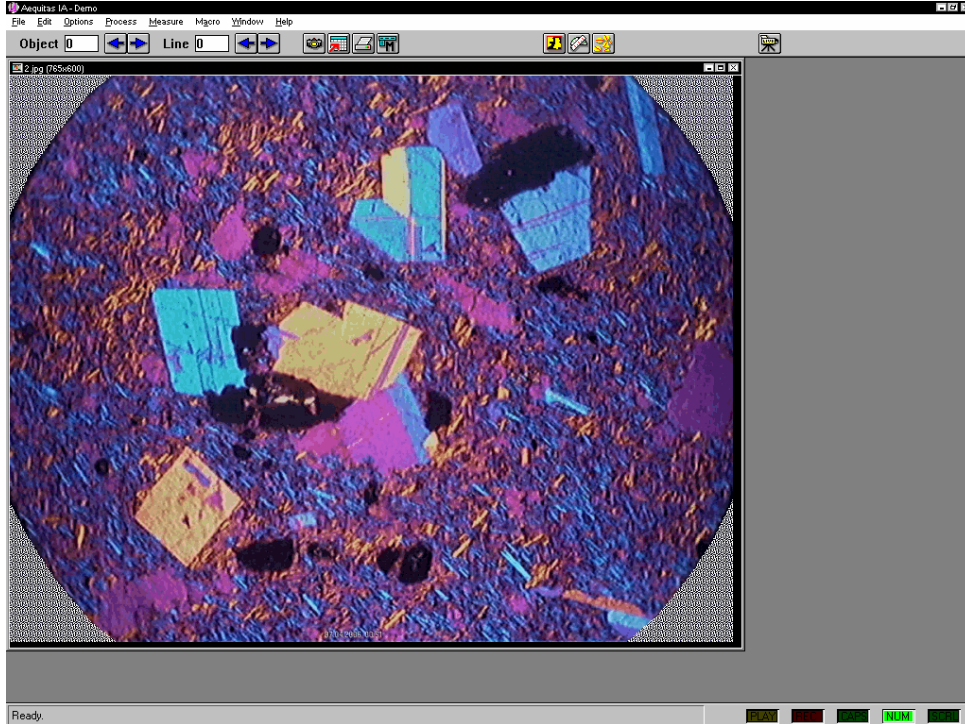
3.3.5. Doku Katsayısı (TC) ve Porozitenin Hesaplanması

Kayalar örneklerinin doku katsayısı ve porozitesinin (bilgisayar ortamında) hesaplanabilmesi için gerekli parametrelere ancak laboratuvar ortamında gerçekleştirilecek deneyler ile ulaşılabilir. Böylesi bir deneysel çalışmayı gerçekleştirebilmek için öncelikle kayadan ince kesitler alınmıştır. Mikroskoba bağlı bir kamera yardımı ile bu ince kesitlerin görüntüleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Daha sonra bu resimler görüntü işleme programı “*Aequitas IA*” yardımıyla işlenerek gerekli parametreler elde edilmiş ve bilgisayar ortamında örneklerin doku katsayıları ve poroziteler hesaplanmıştır.

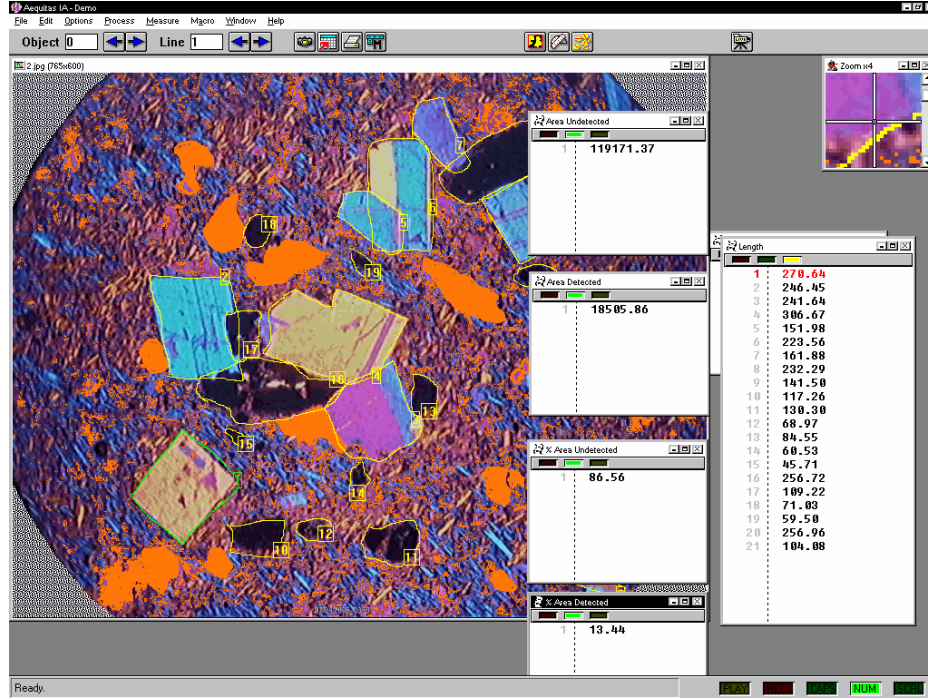
3.3.5.1. Doku Katsayısının (TC) Hesaplanması

Kayaların dokusal özellikleri, kayadan alınan ince kesitlerin incelenmesi neticesinde, kayacı oluşturan tanelerin ve matriksin özelliklerinin birlikte düşünülerek ortaya çıkan bir özelliğidir. Howarth ve Rowlands (1987) tarafından doku katsayısı (TC) önerilmiştir. Bu çalışma ile kayaların dokusal özellikleri sayısallaştırmak mümkün olmuş, kayaların dokusal yapılarının, kayacın yük altında çatlaklanmasına karşı fiziksel bir engel oluşturduğu gerçeğinden hareket edilerek geliştirilmiştir (Howarth ve Rowlands 1987).

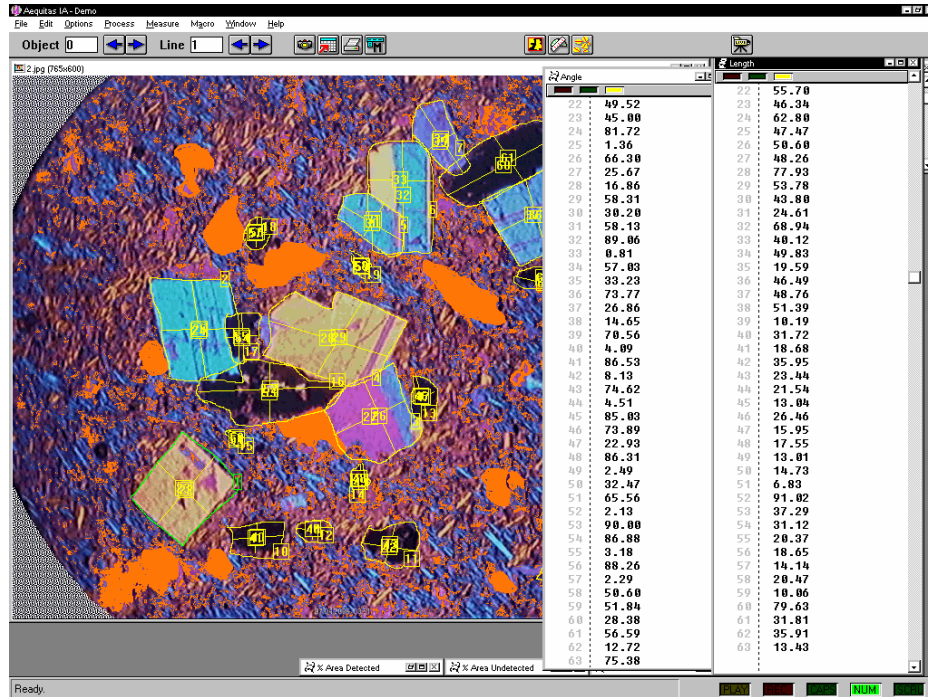
Doku katsayısının hesaplanabilmesi için öncelikle kayaktan ince kesitler alınmıştır. Sonra mikroskoba bağlı bir kamera yardımıyla ince kesitlerin resmi çekilmiş ve daha sonra bu resimler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Resimlerin gerçek boyuttaki ölçülerinin tespit edilebilmesi için aynı kamera yardımıyla 1 mm ölçeğinde referans resmi çekilmiştir. Bu resimleri işleyebilmek ve üzerinde ölçümler yapabilmek için görüntü işleme programına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla bu çalışma kapsamında “*Aequitas IA*” görüntü işleme programı kullanılmıştır. Doku katsayısının hesaplanabilmesi için Eşitlik 3.18 kullanılmıştır. Görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılmasının ardından kayaç doku katsayısının belirlenmesi için öncelikle her bir ince kesit üzerinde mineral ve kayaç tanesinin sınırlarının belirlendiği bir referans alan seçilmiştir. Bu alan her bir ince kesitte ölçüm yapılmadan önce uygulanmıştır. Bu işlem maskeleye (Şekil 3.15) olarak tanımlanmıştır. Maskeleye tamamlandıktan sonra TC'nin hesaplanması için bazı alt formüllere ihtiyaç olduğu gibi, dokuyu oluşturan her bir tanenin; alan, çevre, uzunluk, genişlik ve açı değerlerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Tüm bu parametreler görüntü işleme programı yardımıyla hesaplanmıştır. Her numuneden 3 ince kesit üzerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen verilerin aritmetik ortalaması alınmış ve sonuçlar Çizelge 4.21 de verilmiştir.



Şekil 3.15. *Andezitin* maskelenmiş ince kesit görüntüsü



Şekil 3.16. *Andezitin* ince kesit üzerinde tanelerin çevrelerinin hesaplanması



Şekil 3.17. *Andezitin* ince kesit üzerinde tanelerin maksimum feret çapı, minimum feret çapı ve açılarının hesaplanması

$$TC = AW \left[\left(\frac{N_0}{N_0 + N_1} \times \frac{1}{FF_0} \right) + \left(\frac{N_1}{N_0 + N_1} \times AR_1 \times AF_1 \right) \right] \quad [3.18]$$

Burada;

TC : Doku katsayısı,

AW : Tane yığılma ağırlığı,

N_0 : AR değeri 2.0'dan küçük olan tane sayısı,

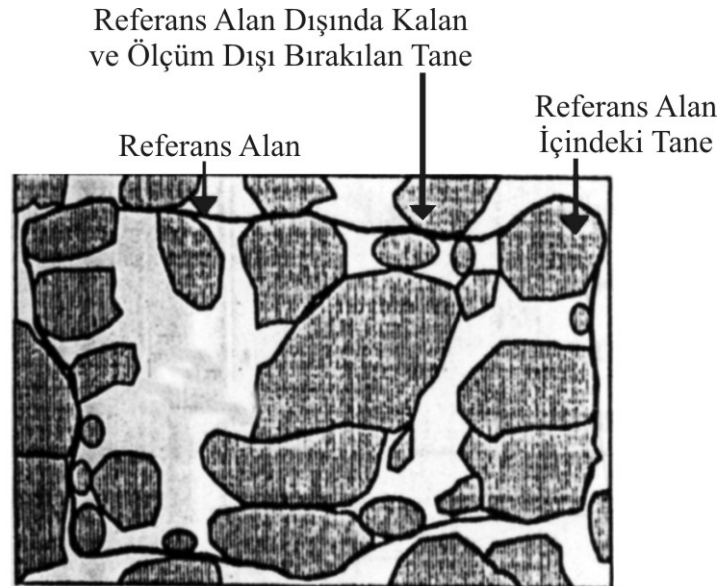
N_1 : AR değeri 2.0'dan büyük olan tane sayısı,

FF_0 : AR değeri 2.0'dan küçük olan tanelerin şekil faktörü değerlerinin aritmetik ortalaması,

AR_1 : AR değeri 2.0'dan büyük olan tanelerin AR değerinin aritmetik ortalaması,

AF_1 : Açık faktörü.

AR değeri bir tanenin uzunluğunun (maksimum feret çapı), genişliğine (minimum feret çapı) oranı olarak hesaplanmaktadır.



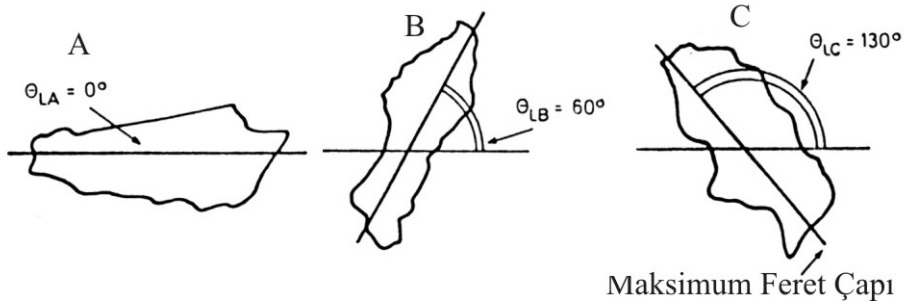
Şekil 3.18. İnce kesit taslağı

$$AW = \frac{\sum \text{Tane alanı}}{\text{Ölçülen referans alan}} \quad [3.19]$$

Toplam tane alanı değeri ve doku katsayısı için gerekli olan diğer parametrelerin hesabı yapılırken seçilen sınır alanın içindeki taneler baz alınır. Sınır dışında kalan taneler göz ardı edilir.

$$\text{Şekil Faktörü} = \frac{4 \times \pi \times \text{Tane alan}}{(\text{Tanenin çevresi})^2} \quad [3.20]$$

Bunun yanında FF_0 değeri ise bir tanenin alan ve çevre değerlerinin kullanılarak elde edilen bir büyüklüktür. FF_0 katsayısı bir tanenin yuvarlaklığı hakkında fikir verirken bu değer 1 olması tanenin tam anlamıyla dairesel olduğunu gösterirken, tane dairesellikten saptmaya başladıkça FF_0 katsayısının düştüğü görülmektedir (Howarth ve Rowlands 1987).



Şekil 3.19. Farklı açılara sahip 3 farklı tane

$$AF_1 = \sum_{i=1}^9 \left[\frac{xi}{\frac{N \times (N-1)}{2}} \right] i \quad [3.21]$$

Burada;

AF_1 : Açı faktörü,

x_i : Her sınıf için açısal fark sayısı,

N : Uzun tane sayısı,

i : Ağırlık faktörü ve sınıf numarası,

Açı faktörü (AF) değeri, sadece sapmış taneler için ($AR>2.0$) hesaplanır (Howarth ve Rowlands 1987). Bir tanenin açısı ise maksimum feret çapının yatayla yapmış olduğu açı olarak ifade edilir (Şekil 3.19). Görüntü işleme programı yardımıyla referans alan içerisinde kalan sapmış tanelerin açıları belirlenir. Elde edilen açı değerlerinin birbirlerinden farkı alınarak nihai açı değeri hesaplanır. Hesaplanan açılar, Çizelge 3.2 kullanılarak her tanenin ağırlık faktörü belirlenir.

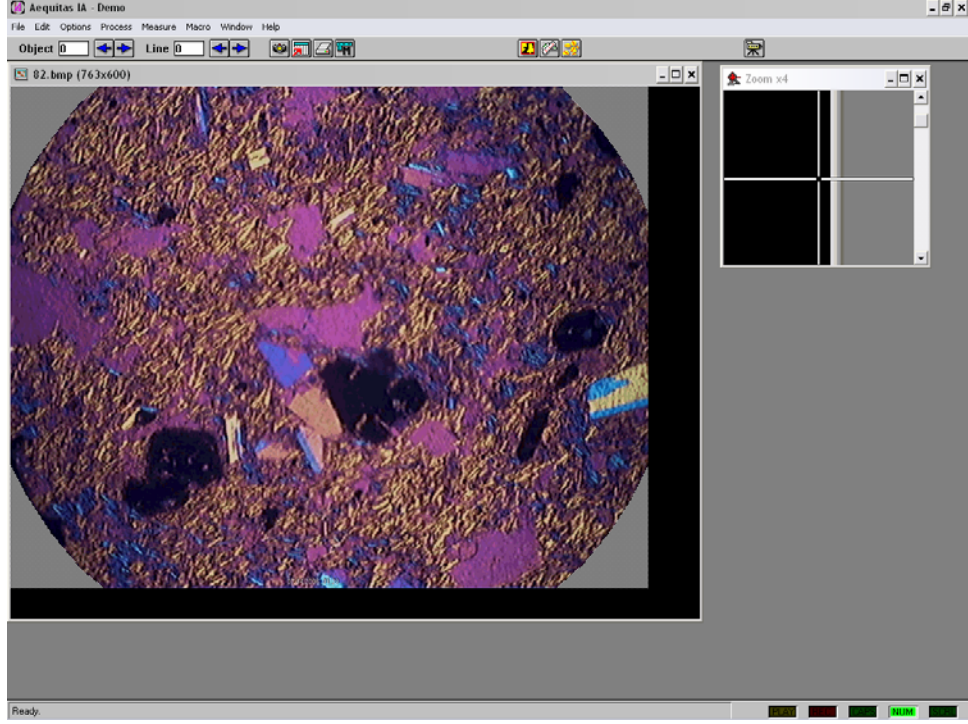
Çizelge 3.2. Ağırlık faktörü ve sınıf numarası çizelgesi

No	Sınıfı	Ağırlık Faktörü (i)
1	$\Theta \leq 10^\circ$	1
2	$10^\circ < \Theta \leq 20^\circ$	2
3	$20^\circ < \Theta \leq 30^\circ$	3
4	$30^\circ < \Theta \leq 40^\circ$	4
5	$40^\circ < \Theta \leq 50^\circ$	5
6	$50^\circ < \Theta \leq 60^\circ$	6
7	$60^\circ < \Theta \leq 70^\circ$	7
8	$70^\circ < \Theta \leq 80^\circ$	8
9	$80^\circ < \Theta \leq 90^\circ$	9

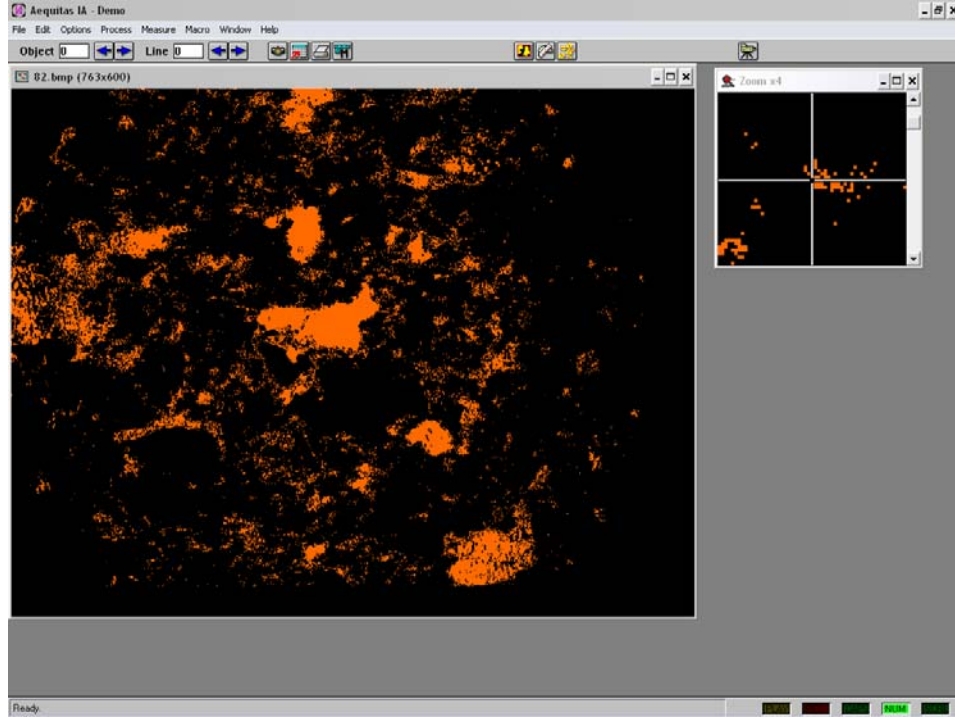
3.3.5.2. Bilgisayar Ortamında Boşluk Oranı Hesaplanması

Kayaç örneklerinden hazırlanan ince kesitlerin görüntülerinin bilgisayar ortamında aktarılmasının ardından görüntü işleme programı *Aequitas IA* kullanılarak boşluk oranları hesaplanmıştır. Her bir kayaca ait numunelerden 18 adet ince kesit görüntüsü kullanılmış ve elde edilen verilerin aritmetik ortalaması hesaplanmıştır.

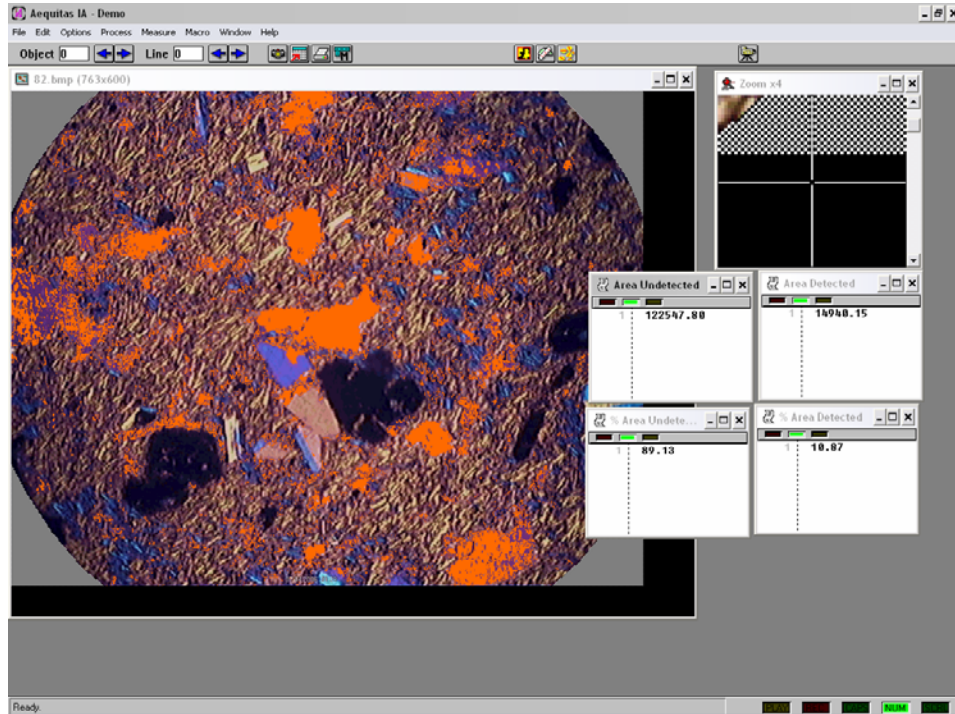
Program yardımıyla açılan ince kesit görüntülerinde boşluklar pembe renkte ve bu renge yakın tonlarda gözükmetedir. Görüntü üzerinde pembe renkler seçilerek kesit üzerindeki boşluğun yüzdesi ve alanı hesaplanmıştır (Şekil 3.20 - 3.22). Elde edilen verilerin aritmetik ortalaması alınmış ve o kayaca ait porozite değerleri hesaplanmış olup sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir.



Şekil 3.20. *Andezitin* ince kesit görüntüsü



Şekil 3.21. *Andezitin* ince kesit üzerinde boşlukların belirlenmesi



Şekil 3.22. *Andezitin* ince kesit üzerinde boşlukların yüzdesinin ve alanını hesaplanması

4. BULGULAR

4.1. Mineralojik Bulgular

Kayaçların mineralojik özelliklerinin belirlenmesi için kayaç örneklerinden ince kesitler hazırlanmış ve mikroskop altında incelemesi yapılmıştır.

4.1.1. Kumtaşının Mineralojik Bulguları

Kayaç başlıca kayaç kırıntısı ve kuvarslardan oluşmuştur. Kaya kırıntıları egemen olarak kireçtaşı ve çört tanelerinden meydana gelmiştir. Kuvarslar birey taneler şeklinde olabildiği gibi bazen bir araya gelerek kümeler oluşturmuşlardır. Kayacı oluşturan gerek kaya kırıntıları ve gerekse kuvarslar iyi yuvarlaklaşmış, nadiren köşeli olup eş tane boyutludur. Taneler karbonat bir matriksle tutturulmuştur.

Kayaçta ayrıca kalsitlerde bulunmaktadır. Bunlar özşekilli – yarı özşekilli olup polisentetik ikizlenme ve rombohedral dilinim göstermektedirler. Bazı kalsitler tektonizmadan etkilenmişler ve ikizlenmeler, bükülmeler meydana gelmiştir.

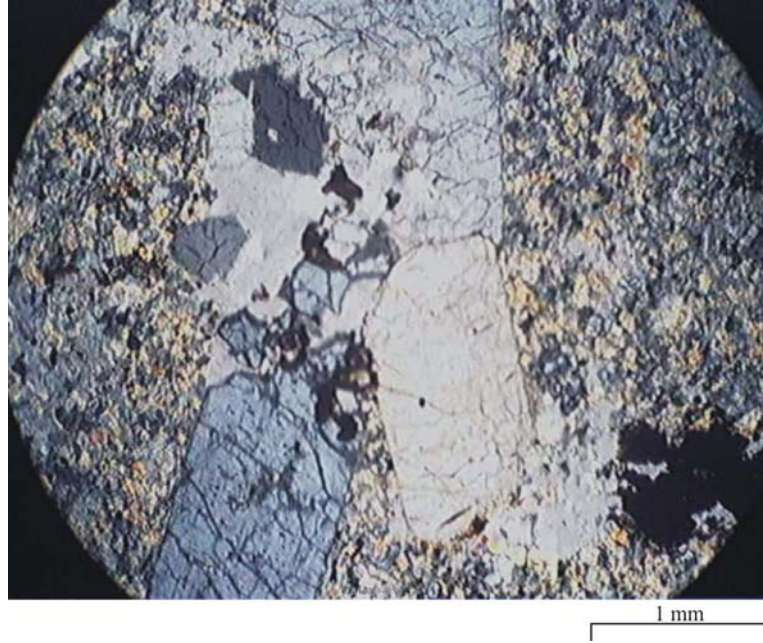


Şekil 4.1. Kumtaşının ince kesit görüntüsü

4.1.2. Trakitin Mineralojik Bulguları

Kayaç başlıca sanidin ve amfibol (hornblend)'lerden oluşmaktadır. Sanidinler özşekilli – yarı özşekilli kristaller şeklinde olup dikdörtgen şekillidirler. Bunlar alterasyondan etkilenecek killeşmişlerdir. Bazı kristallerde karlspat ikizlenmesi ve iki yönde dilinim içermektedir. Matriks volkanik cam ve mikrolitlerden oluşmuştur.

Hornblendler öz şekilli ve yarı öz şekillidirler. Altıgen hornblendler net olarak görülmektedir. İki yöndeki dilinimleri mükemmeldir. Hornblendler genelde alterasyona uğramış ve bazıları opaklaşmıştır. Kahverengimsi bir pleoktoizma gösterirler.



Şekil 4.2. *Trakit*in ince kesit görüntüsü

4.1.3. Andezitin Mineralojik Bulguları

Kayaç başlıca plajyoklas ve opaklaşmış minerallerden oluşmuştur. Plajyoklaslar; kısa prizmalar şeklinde olup, öz şekilli – yarı öz şekillidirler. Bir çoğu polisentetik, bazıları ise karlspat ikizlenmesi göstermektedir. Bir kısım plajyoklaslar ise zonlanma

göstermiştir. Plajioklaslar aynı zamanda kayaçta mikrolitler şeklinde de bulunurlar ve belli bir akma yapısı gösterirler.

Kayadaki renkli mineraller (olasılıkla amfibol mineralleri) tamamen alterasyona uğrayarak opaklaşmışlardır. Fenokristallerin bir çoğunu da bu mineraller oluşturmaktadır. Opak mineraller uzun, çubuksu ve kısa prizmalar şeklindedirler. Bunların amfibol minerallerinin alterasyonu sonucunda oldukları düşünülmektedir.



Şekil 4.3. *Andezitin* ince kesit görüntüsü

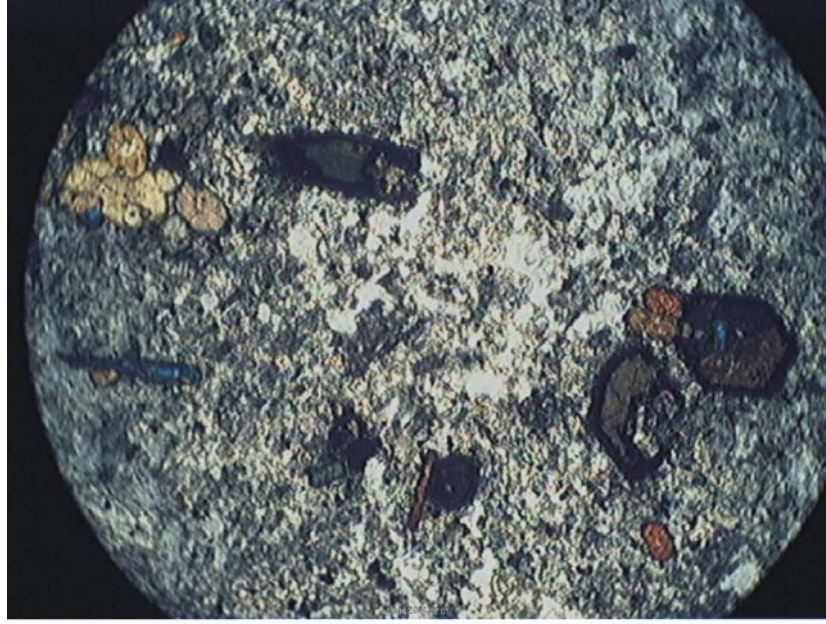
4.1.4. Traki Andezitinin Mineralojik Bulguları

Kayaç başlıca, plajioklas, alkali feldispat (sanidin), amfibol (hornblend) ve proksenlerden oluşmuştur. Plajioklaslar iri prizma şeklinde olup genellikle polisentetik ikizleme gösterirler. Ayrıca plajioklasların bir çoğu alterasyona uğrayarak killeşmiş ve karbonatlaşmışlardır. Plajioklaslar aynı zamanda kayacın matriksini de oluşturmaktadırlar.

Hornblendler altıgen biçimli olup genellikle kenarlardan itibaren okside olmuşlardır. Yeşilimsi bir pleoktoizma gözlenmektedirler.

Proksenler kısa prizma şeklindedir. Bir yöndeki dilinimleri mükemmeldir. Tek nikelde yeşilimsi bir renkte gözlenmektedir. Kırmızımsı, mavimsi ve sarımsı girişim renklerine sahip olan proksenlerin bazıları zonlanma göstermektedir.

Sanidinler, kayaç içerisinde seyrek olarak bulunmaktadır ve ince-orta büyüklüktedirler.



1 mm

Şekil 4.4. *Traki andezitinin* ince kesit görüntüsü

4.2. Fiziksel Özellikler

Kayaç örneklerinin fiziksel özelliklerinden yoğunluk, birim hacim ağırlık, görünür porozite, toplam porozite, atmosfer basıncında kütlece ve hacimce su emme oranı, kaynar suda kütlece ve hacimce su emme oranları, sismik hız, don sonrası kütle kaybı, shore sertliği ve schmidt sertliği, gibi özellikleri belirlenmiştir.

4.2.1. Yoğunluk ve Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Kayaçların yoğunluk deneyleri TS 699 (1987)'a göre Bölüm 3.3.3.1.'de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Kayaç örneklerine ait deney verileri ve aritmetik ortalama değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yoğunluk deney verileri

Numune	En Düşük Yoğunluk (gr/cm ³)	En Yüksek Yoğunluk (gr/cm ³)	X _{ort} (gr/cm ³)	Sd	N
Kumtaşı	2,763	2,768	2,766	0,003	2
Trakit	2,722	2,722	2,722	0,00	2
Andezit	2,718	2,758	2,721	0,02	3
Traki Andezit	2,689	2,705	2,697	0,01	2

Xort: Yoğunluk değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

Kayaçların birim hacim ağırlık deneyleri, TS 699 (1987)'a göre Bölüm 3.3.3.2.'de anlatıldığı gibi yapılmıştır. Kayaç örneklerine ait deney verileri ve aritmetik ortalama değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Birim hacim ağırlık deney verileri

Numune	En Düşük BHA (gr/cm ³)	En Yüksek BHA (gr/cm ³)	X _{ort} (gr/cm ³)	Sd	N
Kumtaşı	2,357	2,478	2,402	0,51	5
Trakit	2,201	2,234	2,218	0,01	5
Andezit	2,211	2,284	2,242	0,03	5
Traki Andezit	2,294	2,344	2,324	0,02	5

BHA: Birim hacim ağırlık değeri; Xort: Birim hacim ağırlık değerleri ortalaması

Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.2.2. Su Emme Deneyi

Kayaçların su emme kapasitesinin belirlenmesi için TS 699 (1987)'a göre hacimce su emme, atmosfer basıncında kütlece su emme, kaynar suda kütlece ve hacimce su emme deneyleri yapılmıştır. Bölüm 3.3.3.3.1.'de anlatılan şekilde yapılan atmosfer basıncında kütlece su emme deneylerinde elde edilen veriler Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Kütlece su emme deney verileri

Numune	En Düşük KSE (%)	En Yüksek KSE (%)	X _{ort} (%)	Sd	N
Kumtaşı	3,422	5,394	4,638	0,91	5
Trakit	7,742	8,564	8,069	0,35	5
Andezit	5,118	6,618	6,019	0,62	5
Traki Andezit	4,012	4,769	4,299	0,31	5

KSE: Kütlece su emme değeri; X_{ort}:Kütlece su emme değerleri ortalaması
Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

Bölüm 3.3.3.3.2’de anlatılan hacimce su emme deneylerinde elde edilen veriler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Hacimce su emme deney verileri

Numune	En Düşük HSE (%)	En Yüksek HSE (%)	X _{ort} (%)	Sd	N
Kumtaşı	5,238	7,852	6,787	1,18	5
Trakit	10,286	11,249	10,692	0,40	5
Andezit	6,925	8,583	7,945	0,69	5
Traki Andezit	5,617	6,479	5,944	0,35	5

HSE: Hacimce su emme değeri; X_{ort}:Hacimce su emme değerleri ortalaması
Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.2.3. Kaynar Suda Su Emme Deneyi

Kaynar suda su emme deneyi TS 699 (1987)’a göre yapılarak kayaçların kaynar suda kütlece ve hacimce su emme oranı Bölüm 3.3.3.3.3.’de anlatıldığı gibi hesaplanmıştır. Belirlenen özelliklere göre kaynar suda kütlece su emme deneylerinde elde edilen veriler Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kaynar suda kütlece su emme deney verileri

Numune	En Düşük KSKSE (%)	En Yüksek KSKSE (%)	X _{ort} (%)	Sd	N
Kumtaşı	3,590	5,835	4,995	1,06	5
Trakit	9,584	10,402	9,968	0,41	5
Andezit	5,946	8,064	7,112	0,87	5
Traki Andezit	5,071	6,241	5,459	0,50	5

KSKSE: Kaynar suda kütlece su emme değeri; X_{ort}: Kaynar suda kütlece su emme değeri ortalaması Sd: Standart Sapma; N: Deney Sayısı

Bölüm 3.3.3.3.3’de anlatılan kaynar suda hacimce su emme deneylerinde elde edilen veriler Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Kaynar suda hacimce su emme deney verileri

Numune	En Düşük KSHSE (%)	En Yüksek KSHSE (%)	X _{ort} (%)	Sd	N
Kumtaşı	5,527	8,484	7,357	1,40	5
Trakit	13,014	14,114	13,550	0,49	5
Andezit	8,157	10,671	9,540	1,03	5
Traki Andezit	7,207	8,668	7,686	0,62	5

KSHSE: Kaynar suda hacimce su emme değeri; X_{ort}: Kaynar suda hacimce su emme değeri ortalaması Sd: Standart Sapma; N: Deney Sayısı

4.2.4. Porozite Deneyi

Porozite tayininde gözeneklilik ve boşluk yapısının bulunması amaçlanmaktadır. Kayaçların porozite değerleri, görünür porozite ve toplam porozite değerleri olarak hesaplanmıştır.

4.2.4.1. Görünür Porozite

Görünür porozite deneyleri TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Bölüm 3.3.3.4.1’de anlatıldığı gibi kayacın görünür porozitesi hacimce su emme değerine eşittir. Bu nedenle, Çizelge 4.4’de verilen detaylı data verileri yerine ortalama, görünür porozite verileri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Görünür porozite deney verileri

Numune	Görünür Porozite (%)	Sd	N
Kumtaşı	6,787	1,18	5
Trakit	10,692	0,40	5
Andezit	7,945	0,69	5
Traki Andezit	5,944	0,35	5

Sd: Standart Sapma; N: Deney Sayısı

4.2.4.2. Toplam Porozite

Toplam porozite deneyi Bölüm 3.3.3.4.2. de anlatıldığı gibi TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Elde edilen veriler Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Toplam porozite deney verileri

Numune	Toplam Porozite (%)
Kumtaşı	13.160
Trakit	18.516
Andezit	17.604
Traki Andezit	13.830

4.2.5. Sismik Hız Deneyi

ISRM (1981)'e uygun olarak yapılan sismik hız deneylerinde numunelerinin boyları üç farklı noktadan ölçülüp aritmetik ortalaması alınarak ortalama numune boyu hesaplanmıştır. Bölüm 3.3.3.5. de anlatıldığı üzere yapılan deneylerde elde edilen veriler Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Sismik hız deney verileri

Numune	En Düşük Sismik Hız (m/sn)	En Yüksek Sismik Hız (m/sn)	X_{ort} (m/sn)	Sd	N
Kumtaşı	3949	4910	4508	388,31	6
Trakit	2652	3039	2787	155,42	6
Andezit	3836	4078	3897	174,29	6
Traki Andezit	4878	5146	5020	86,05	6

Xort: Sismik hız değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney Sayısı

4.2.6. Shore Sertliği

Shore sertliği deneyi Altındağ ve Güney (2006)'e göre yapılmıştır. Shore sertliği deneyi, her numuneden 2 örnek alınarak birer yüzeyleri zımpara yardımıyla düzlenmiş ve pürüzsüz hale getirilmiştir. Bölüm 3.3.3.6.'da anlatıldığı gibi yapılan deneylerde elde edilen veriler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Shore sertliği deney verileri

Numune	En Düşük Shore Sertliği	En Yüksek Shore Sertliği	X _{ort}	Sd	N
Kumtaşı	17	48	29,3	8,2	26
Trakit	36	73	42,2	7,6	25
Andezit	53	74	62,5	6,8	27
Traki Andezit	71	110	88,8	10,5	25

X_{ort}: Shore sertliği değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney Sayısı

4.2.7. Schmidt Sertliği

Schmidt sertliği deneyi ISRM (1985)'e göre yapılmıştır. L tipi ve N tipi olmak üzere 2 tip schmidt çekici kullanılmıştır. Deneyler Bölüm 3.3.3.7.'de anlatıldığı gibi L ve N tipi schmidt çekiçleriyle aynı noktadan ve farklı noktalardan olmak üzere her numune için 20'şer adet okuma yapılmış ve bunların aritmetik ortalamaları dikkate alınmıştır. Farklı noktadan L tipi ve N tipi Schmidt çekici ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.11 ve 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Farklı noktalardan L tipi schmidt çekici verileri

Numune	En Düşük L-tipi	En Yüksek L-tipi	X _{ort}	Sd	N
Kumtaşı	42	48	44,9	1,65	20
Trakit	44	50	46,6	1,8	20
Andezit	40	56	51	4,95	20
Traki Andezit	48	58	52,7	2,66	20

X_{ort}: Sertlik değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

Çizelge 4.12. Farklı noktalardan N tipi schmidt çekici verileri

Numune	En Düşük N-tipi	En Yüksek N-tipi	X _{ort}	Sd	N
Kumtaşı	45	56	49,9	3,11	20
Trakit	48	56	51,6	2,39	20
Andezit	46	62	55,65	3,6	20
Traki Andezit	52	62	56,25	3,24	20

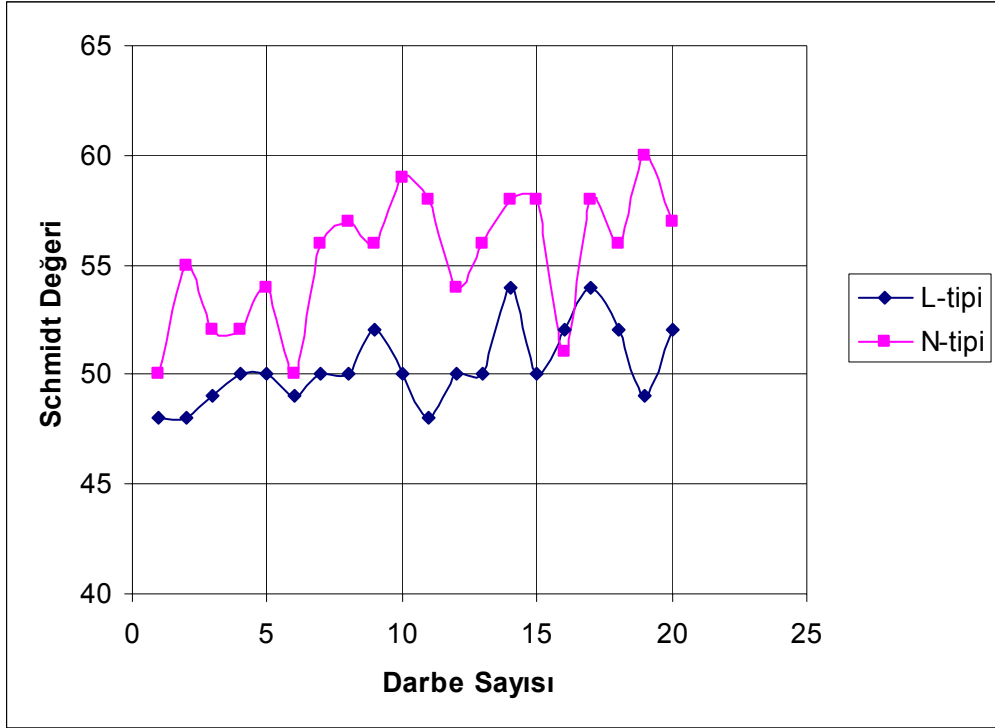
X_{ort}: Sertlik değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

Aynı noktadan L tipi ve N tipi schmidt çekici ile yapılan deneylerde elde edilen 20 adet veri Çizelge 4.13'de verilmiştir.

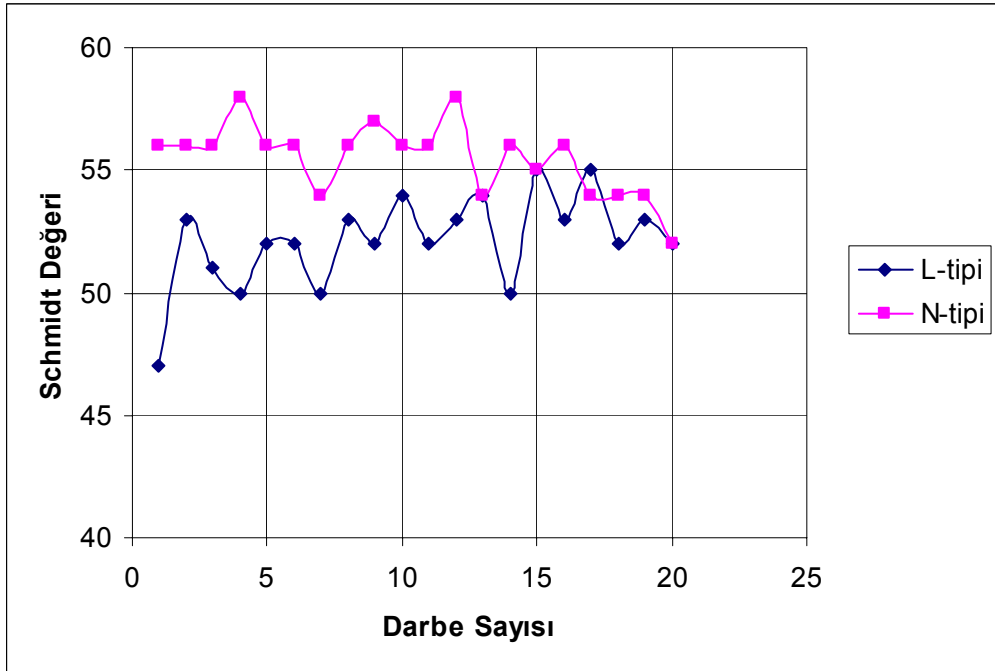
Çizelge 4.13. Aynı noktadan L ve N Tipi schmidt çekici verileri

Darbe Sayısı	Kumtaşı		Trakit		Andezit		Traki Andezit	
	L-tipi	N-tipi	L-tipi	N-tipi	L-tipi	N-tipi	L-tipi	N-tipi
1	48	50	47	56	53	60	58	56
2	48	55	53	56	53	60	57	62
3	49	52	51	56	57	60	57	62
4	50	52	50	58	56	62	58	62
5	50	54	52	56	50	60	56	60
6	49	50	52	56	49	60	56	60
7	50	56	50	54	52	60	52	60
8	50	57	53	56	57	62	57	58
9	52	56	52	57	52	60	51	56
10	50	59	54	56	52	60	56	56
11	48	58	52	56	54	60	58	58
12	50	54	53	58	50	60	54	58
13	50	56	54	54	50	60	56	60
14	54	58	50	56	54	60	54	58
15	50	58	55	55	52	59	56	56
16	52	51	53	56	54	61	54	56
17	54	58	55	54	52	60	57	50
18	52	56	52	54	54	62	56	46
19	49	60	53	54	53	60	56	52
20	52	57	52	52	54	62	55	46
Ort.	50,35	55,35	52,15	55,5	52,9	60,4	55,7	56,6
Sd	1,79	3,01	1,90	1,47	2,22	0,88	1,89	4,77

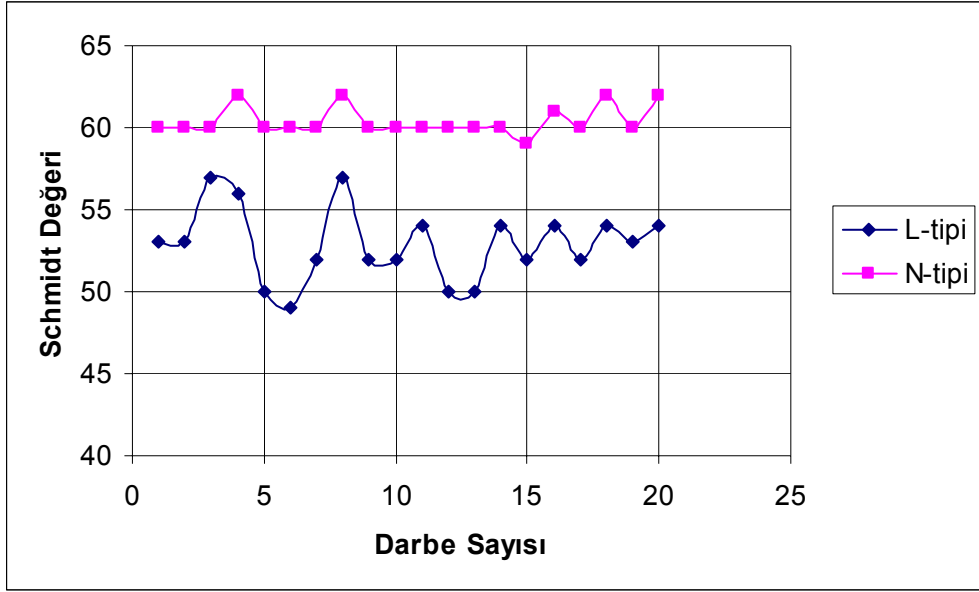
Kayaçların Çizelge 4.13’de belirtilen verilerin grafiksel ifadesi ise Şekil 4.5 - 4.8’de sırayla verilmiştir.



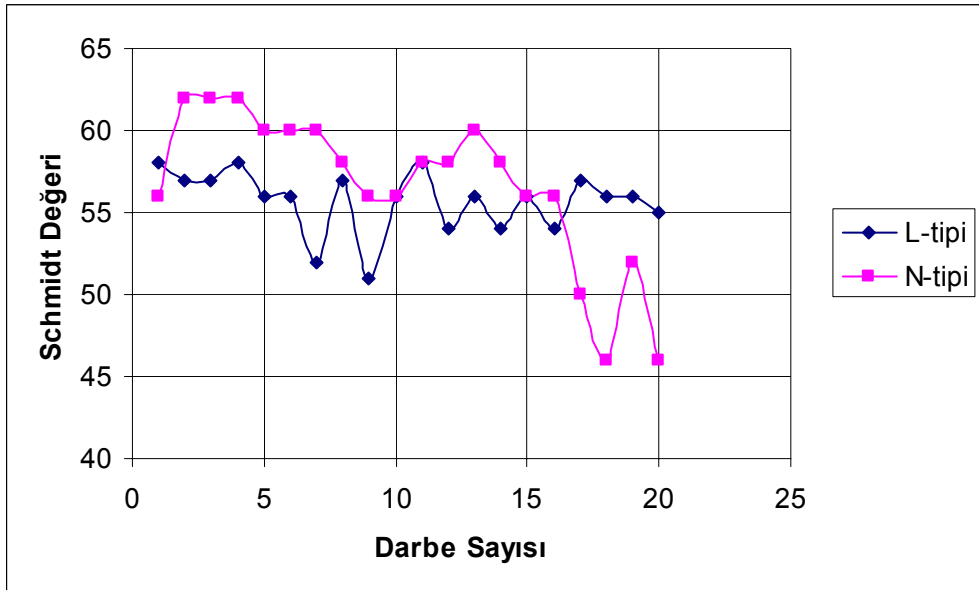
Şekil 4.5. Kumtaşının schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)



Şekil 4.6. Trakitın schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)



Şekil 4.7. Andezitin schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)



Şekil 4.8. Traki andezitin schmidt sertliği verileri (Aynı noktadan)

4.2.8. Don Sonrası Kütle Kaybı

Bölüm 3.3.3.8'de anlatıldığı gibi 25 periyot donma – çözülme işlemlerinin tamamlanmasının ardından etüvde kurutulan numuneler desikatörde soğutulularak tartımları alınmıştır. Elde edilen veriler Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Don sonrası kütle kaybı deney verileri

Numune	En Düşük Kütle Kaybı (%)	En Yüksek Kütle Kaybı (%)	X _{ort} (%)	Sd	N
Kumtaşı	0,032	0,089	0,060	0,040	2
Trakit	0,009	0,030	0,015	0,011	5
Andezit	0,001	0,118	0,045	0,048	5
Traki Andezit	0,399	0,612	0,508	0,092	5

X_{ort}: Don sonrası kütle kaybı değerlerinin ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.3. Mekanik Özellikler

Kayaçların mekanik özellikleri TS 699 (1987), TS 7654 (1989) ve ISRM (1985)'e göre belirlenmiştir. Mekanik özelliklerin tayininde numunelerin basınç dayanımı, nokta yükü dayanım indeksi, çekme dayanımı (Brazilian), eğilme dayanımı ve darbe dayanımı gibi deneyler yapılmış ve sonuçları irdelenmiştir.

4.3.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı (σ_c)

Tek eksenli basınç dayanımı deneyi TS 699 (1987)'a göre yapılmıştır. Bölüm 3.3.4.1.'de anlatıldığı gibi yapılan deneylerde numuneler, hidrolik preste sabit yükleme hızı altında kırılmıştır. Deneyler sonucu elde edilen tek eksenli basınç dayanımı (σ_c) verileri Çizelge 4.15'de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Tek eksenli basınç dayanımı deney verileri

Numune	En Düşük σ_c (kg/cm ²)	En Yüksek σ_c (kg/cm ²)	X _{ort} (kg/cm ²)	Sd	N
Kumtaşı	580,5	784,9	732,4	135,5	6
Trakit	283,6	419,9	383,7	51,3	6
Andezit	418,4	615,4	554,3	122,6	6
Traki Andezit	746,4	1055,6	943,6	108,7	6

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı; X_{ort}: Tek eksenli basınç dayanım değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.3.2. Nokta Yük Dayanım İndeksi (I_{s(50)})

Kayaçların nokta yük dayanım indeksi ISRM (1985)'e göre yapılarak belirlenmiştir. Bölüm 3.3.4.2.'de anlatıldığı üzere deneyde $L \geq 0.5 D$ ve $0.3 A < D < A$ boyut

limitleri kullanılarak prizma tipi nokta yük dayanım indeksi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Nokta yük dayanım indeksi deney verileri

Numune	En Düşük $I_{s(50)}$ (kg/cm ²)	En Yüksek $I_{s(50)}$ (kg/cm ²)	X_{ort} (kg/cm ²)	Sd	N
Kumtaşı	8,25	18,76	12,29	3,77	6
Trakit	6,50	8,11	7,42	0,59	6
Andezit	20,76	25,00	22,96	1,65	6
Traki Andezit	26,35	30,48	28,33	1,72	6

$I_{s(50)}$: Nokta yük dayanım indeksi; X_{ort} : Nokta yük dayanım indeksi değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.3.3. İndirek Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyi (σ_t)

Bir cismin çekme gerilmesine maruz bırakıldığında kırılmaya karşı gösterdiği maksimum direnç olarak ifade edilen çekme dayanımı deneyleri TS 7654 (1989)'e göre yapılmıştır. Bölüm 3.3.4.3.'de anlatıldığı gibi yapılan deneylerde elde edilen çekme dayanımı verileri Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. İndirek çekme dayanımı deney verileri

Numune	En Düşük σ_t (kg/cm ²)	En Yüksek σ_t (kg/cm ²)	X_{ort} (kg/cm ²)	Sd	N
Kumtaşı	44,99	70,29	61,52	11,93	4
Trakit	23,00	28,31	26,06	2,04	6
Andezit	74,61	94,30	82,98	6,91	6
Traki Andezit	64,33	103,01	84,25	15,80	6

σ_t : İndirek çekme dayanımı; X_{ort} : İndirek çekme dayanımı değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.3.4. Eğilme Dayanımı (σ_b)

TS 699 (1987)'a göre yapılan eğilme dayanımı (σ_b) deneylerinde kayaçların eğilme dayanımı belirlenmiştir. Bölüm 3.3.4.4.'de anlatıldığı gibi yapılan deneylerde numuneler hidrolik preste sabit yükleme hızı altında kırılmıştır. Deneyler sonucu elde edilen eğilme dayanımı (σ_b) verileri Çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Eğilme dayanımı deney verileri

Numune	En Düşük σ_b (kg/cm ²)	En Yüksek σ_b (kg/cm ²)	X_{ort} (kg/cm ²)	Sd	N
Kumtaşı	63,28	111,32	93,46	20,89	4
Trakit	36,83	40,39	38,21	1,47	5
Andezit	109,62	141,16	122,88	11,85	5
Traki Andezit	94,61	163,40	128,15	26,59	5

σ_b : Eğilme dayanımı; X_{ort} : Eğilme dayanımı değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.3.5. Darbe Dayanımı (σ_d)

TS 699 (1987)'a göre yapılan darbe dayanımı (σ_d) deneylerinde kayaçların darbe dayanımı belirlenmiştir. Bölüm 3.3.4.5. de anlatıldığı gibi yapılan deneylerde elde edilen darbe dayanımı (σ_d) verileri Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Darbe dayanımı deney verileri

Numune	En Düşük σ_d (kg.cm/cm ³)	En Yüksek σ_d (kg.cm/cm ³)	X_{ort} (kg.cm/cm ³)	Sd	N
Kumtaşı	6	30	15,67	9,41	6
Trakit	2	20	11	7,67	6
Andezit	6	30	22	12,39	6
Traki Andezit	2	56	22,34	22,18	6

σ_b : Darbe dayanımı; X_{ort} : Darbe dayanımı değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.3.6. Don Sonrası Basınç Dayanımı

Bölüm 3.3.3.8'de anlatıldığı gibi 25 periyot donma – çözülme işlemlerinin tamamlanmasının ardından etüvde kurutulan numuneler desikatörde soğutulduktan sonra basınç dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur. Elde edilen veriler Çizelge 4.20'de verilmiştir.

Don sonrası basınç dayanımları orijinal basınç dayanımlarına nazaran nispeten düşük olması gerekirken 2 numunede tersi bir durum olduğu gözlenmiştir. Bu da numune sayılarının azlığı, numunelerin yapısal olarak farklılık göstermiş olabileceğinden

veya deney uygulama esnasında gözden kaçmış olabilecek uygulama hatasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.20. Don sonrası tek eksenli basınç dayanım deney verileri

Numune	En Düşük σ_{cd} (kg/cm ²)	En Yüksek σ_{cd} (kg/cm ²)	X_{ort} (kg/cm ²)	Sd	N
Kumtaşı	485,74	870,15	661,30	174,23	5
Trakit	210,07	353,61	512,9	98,3	5
Andezit	400,58	595,27	967,4	110,6	5
Traki Andezit	744,39	949,03	819,21	112,86	5

σ_{cd} : Don sonrası tek eksenli basınç dayanımı; X_{ort} : Don sonrası tek eksenli basınç dayanımı değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

4.4. Doku Katsayısı (TC) ve Boşluk Oranı Hesaplanması

4.4.1 Doku Katsayısının (TC) Hesaplanması

Kayaçlardan alınan ince kesitlerin, görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılmasının ardından, görüntü işleme programı yardımıyla doku katsayısının hesaplanması için gerekli olan parametreler hesaplanmıştır. Bölüm 3.3.6.1.'de anlatılan şekilde hesaplanan veriler Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelge 4.21. TC ve TC tespiti için gerekli olan dokusal özellik değişkenleri

Numune	Yön	AW	N_0	N_1	FF_0	AR_1	AF_1	TC	Ort. TC
Kumtaşı	X	0,12	21	25	0,52	2,58	3,15	0,633	0,85
	Y	0,09	7	23	0,58	3,51	3,826	0,991	
	Z	0,15	9	11	0,52	3,06	3,2	0,93	
Trakit	X	0,009	10	9	0,60	3,75	4,028	0,069	0,49
	Y	0,07	3	7	0,49	2,65	2,619	0,397	
	Z	0,16	3	8	0,51	2,66	3	0,993	
Andezit	X	0,17	14	7	0,49	2,77	2,952	0,69	0,71
	Y	0,10	7	7	0,47	4,31	1,667	0,467	
	Z	0,14	7	7	0,49	2,58	4,429	0,96	
Traki Andezit	X	0,13	6	7	0,49	3,97	4,239	1,3	0,86
	Y	0,09	7	11	0,54	2,47	4,236	0,65	
	Z	0,09	6	18	0,63	3,02	3	0,62	

4.4.2. Bilgisayar Ortamında Boşluk Oranı Hesaplanması

Kayaçlardan hazırlanan ince kesit görüntülerinin bilgisayar ortamına aktarılmasının ardından görüntü işleme programı yardımıyla kayaçların boşluk oranları hesaplanmıştır. Her bir kayaca ait numuneden 18 adet ince kesit görüntüsü kullanılmış ve aritmetik ortalamaları hesaplanmıştır. Bölüm 3.3.6.2'de anlatıldığı şekilde hesaplanan boşluk oranı verileri Çizelge 4.22'de verilmiştir. Bilgisayar ortamında hesaplanan boşluk oranları ile TS 699'a göre hesaplanan porozite değerleri ise Çizelge 4.23'de karşılaştırılmıştır.

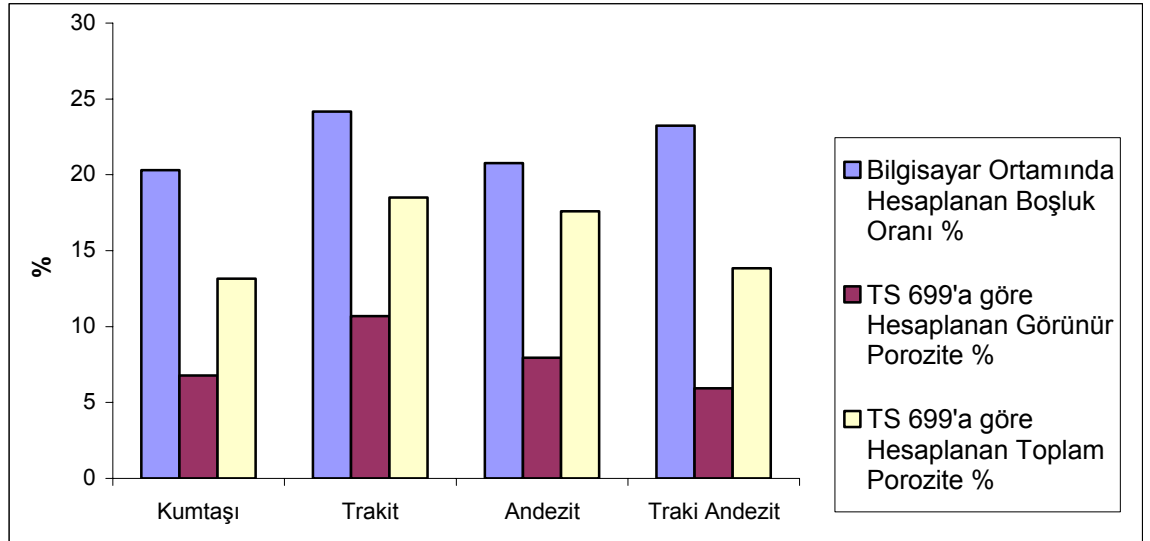
Çizelge 4.22. Bilgisayar ortamında elde edilen boşluk oranı verileri

Numune	En Düşük Boşluk Oranı	En Yüksek Boşluk Oranı	X_{ort} (kg/cm ²)	Sd	N
Kumtaşı	9,58	33,13	20,31	5,26	18
Trakit	9,40	50,38	24,17	13,26	18
Andezit	9,44	36,04	20,76	7,55	18
Traki Andezit	11,33	46,23	23,25	7,49	18

Xort: Boşluk oranı değerleri ortalaması; Sd: Standart sapma; N: Deney sayısı

Çizelge 4.23. Bilgisayar ortamında elde edilen boşluk oranı verileri ile TS 699'a göre hesaplanan porozite verilerinin karşılaştırılması

Numune	Boşluk Oranı %	Sd	İnce Kesit Görüntü Sayısı	TS 699'a Göre Hesaplanan	
				Görünür Porozite %	Toplam Porozite %
Kumtaşı	20,31	5,26	18	6,787	13,160
Trakit	24,17	13,26	18	10,692	18,516
Andezit	20,76	7,55	18	7,945	17,604
Traki Andezit	23,25	7,49	18	5,944	13,830

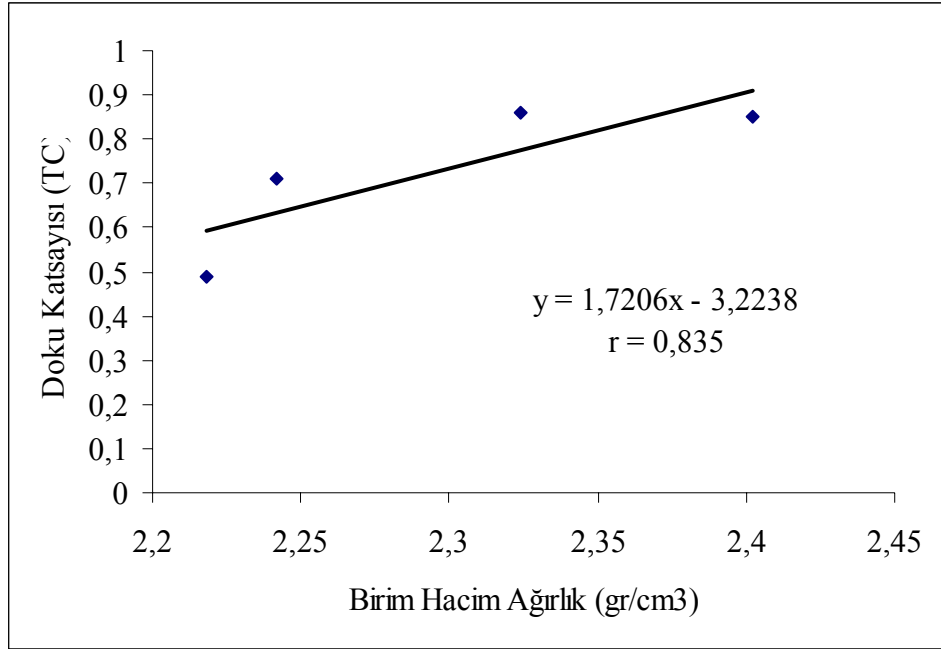


Şekil 4.9. Bilgisayar ortamında elde edilen boşluk oranı verileri ile TS 699'a göre hesaplanan porozite verilerinin karşılaştırılması

Bilgisayarda hesaplanan boşluk oranları ile laboratuvar ortamında hesaplanan toplam porozite değerlerinin örtüşmediği Şekil 4.9 gözlenmektedir. Bilgisayarda görüntü işleme programının renklere göre ayırım yaparak boşluk oranı hesapladığı göz önünde bulundurulursa hata payının buradan kaynaklandığından bahsedilebilir.

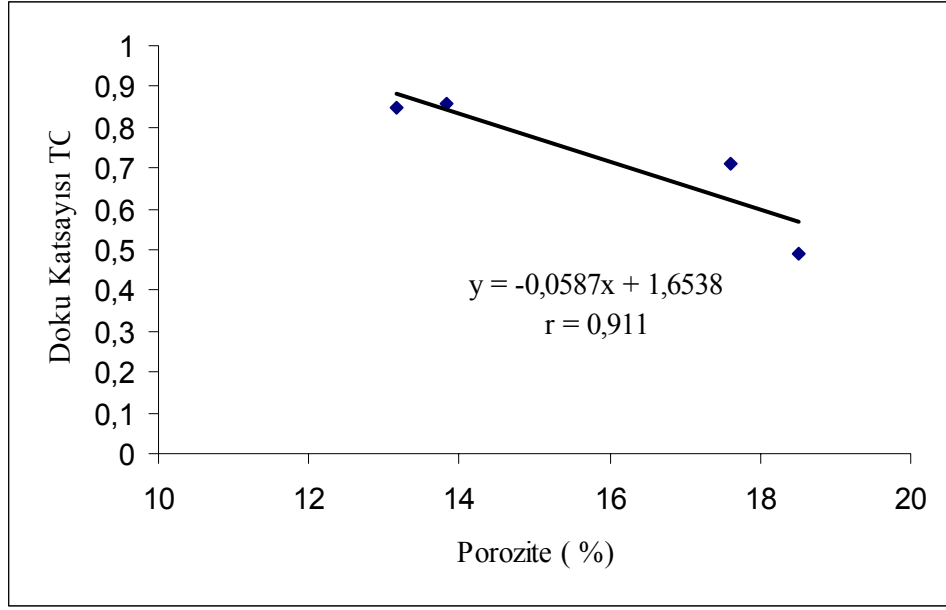
4.5. Deney Sonuçlarının İrdelenmesi

Çalışmada yapılan deneyler ve araştırmalar sonucunda kayaçların doku katsayıları ile fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkileri irdelemek için kayaç özellikleri arasında istatistiksel olarak incelemeler yapılmıştır. Kayaçların doku katsayıları ile fiziksel özelliklerinden birim hacim ağırlık, porozite, sismik hız, kütlece su emme parametreleri ile, mekanik özelliklerinden tek eksenli basınç dayanımı, indirek çekme dayanımı ve eğilme dayanımı ile anlamlı bir korelasyon içinde olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.24).



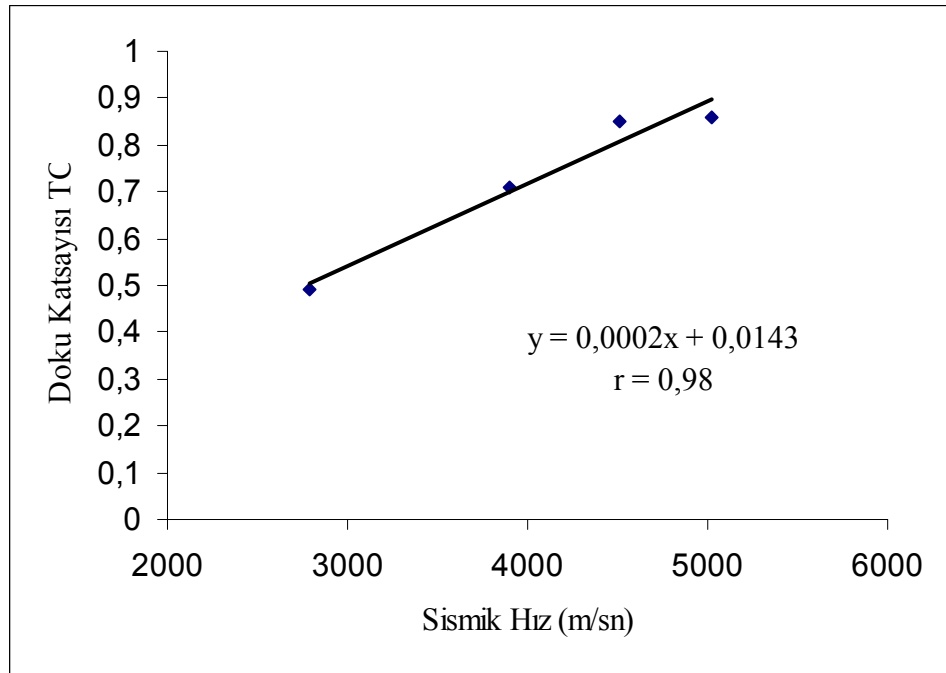
Şekil 4.10. Doku katsayısı ile birim hacim ağırlık arasındaki ilişki

Yapılan incelemelerde doku katsayısı ile birim hacim ağırlık arasında 0,835 korelasyon katsayılı anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Birim hacim ağırlık arttığı takdirde doku katsayısının da arttığı gözlenmiştir.



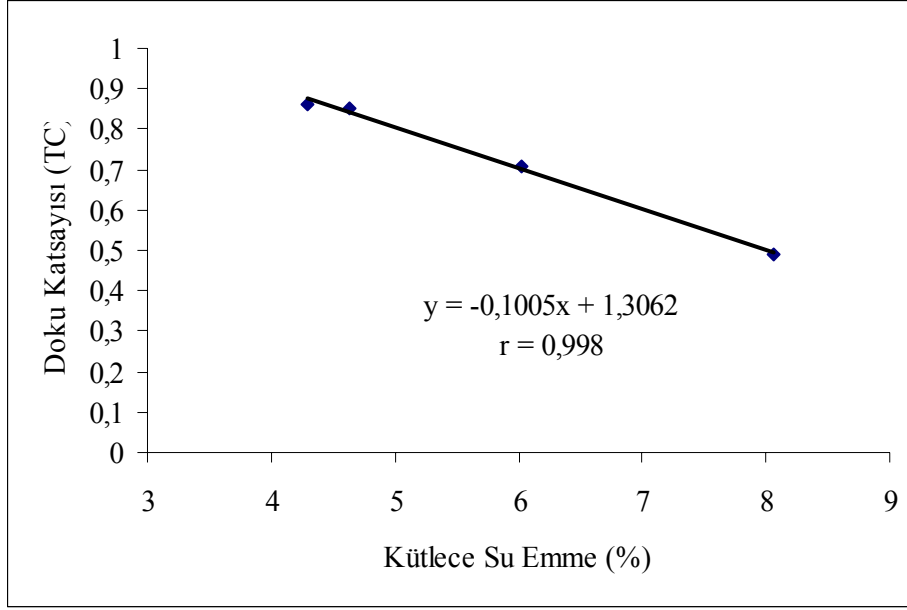
Şekil 4.11 Doku katsayısı ile porozite arasındaki ilişki

Kayaçların fiziksel özellikleri arasında yer alan porozite ile doku katsayısı arasındaki ilişkiyi irdelediğimizde yüksek korelasyonlu bir ilişkinin var olduğu gözlenmektedir. 0,911 korelasyon katsayılı bir ilişkinin varlığından söz etmek mümkündür.



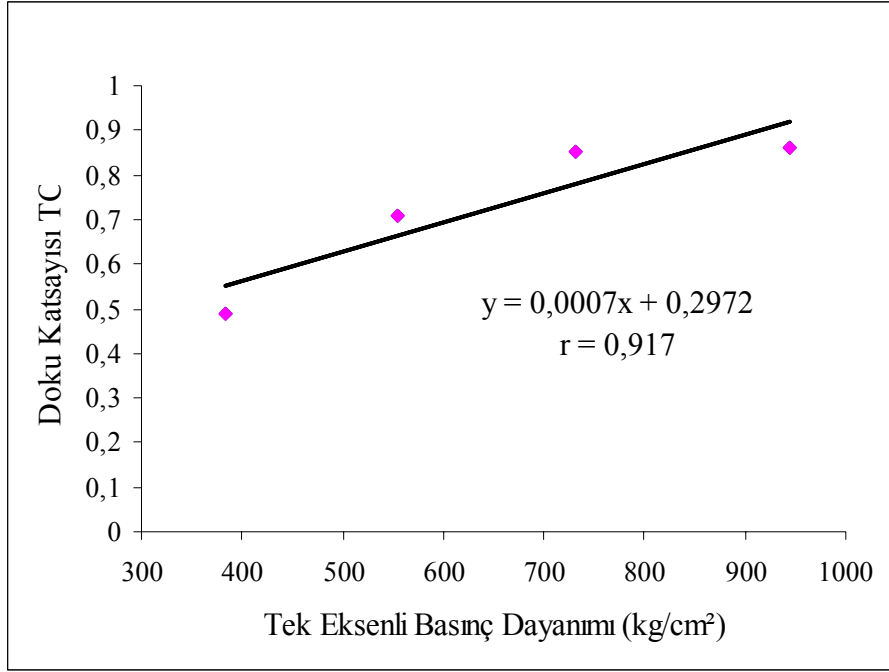
Şekil 4.12. Doku katsayısı ile sismik hız arasındaki ilişki

Sismik hız ile doku katsayısı arasındaki ilişki incelendiğinde yüksek korelasyonlu bir ilişkinin var olduğu gözlenmektedir. 0,98 korelasyon katsayılı bir ilişkin varlığından söz etmekle beraber, sismik hız değerinin artmasıyla doku katsayısı da artmaktadır.



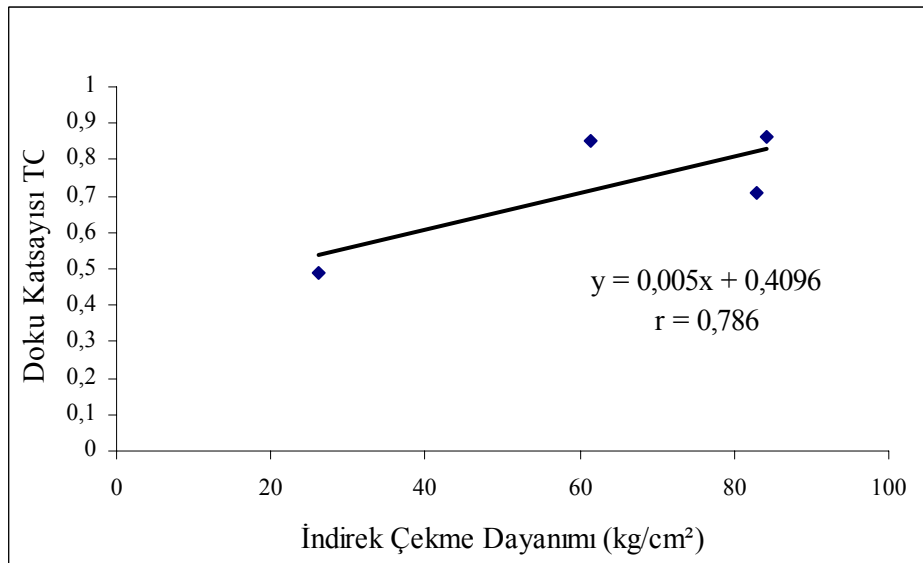
Şekil 4.13. Doku katsayısı ile kütlece su emme arasındaki ilişki

Öte yandan kütlece su emme ile TC arasında 0,998 korelasyon katsayısına sahip bir ilişkinin var olduğu yapılan deneyler sonucu ortaya çıkmıştır. Porozite ile doku katsayısı arasındaki ilişkide olduğu gibi kütlece su emme oranı arttığı takdirde TC değeri azalmaktadır.



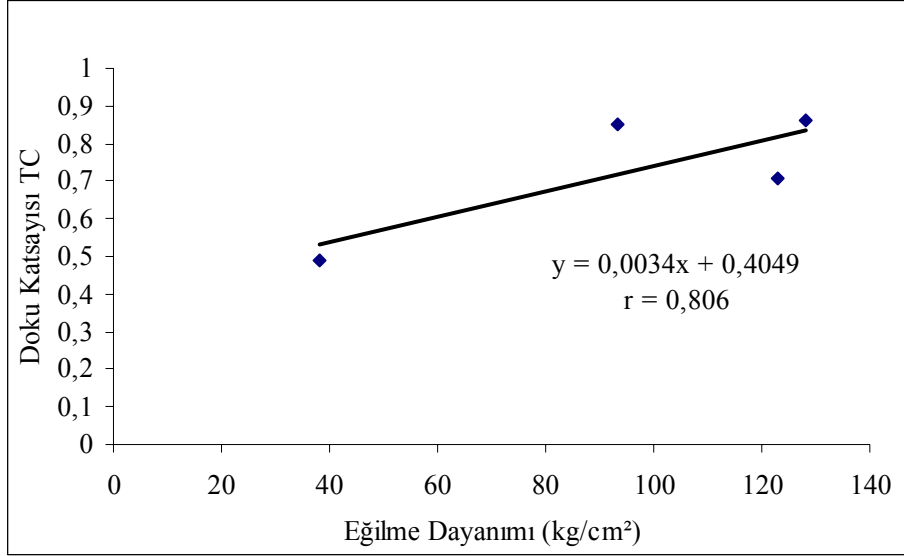
Şekil 4.14. Doku katsayısı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki

Kayaçların dayanımı hakkında önemli bilgi kaynağı olan tek eksenli basınç dayanımı değerleri ile doku katsayısı arasında yine yüksek korelasyonlu bir ilişkinin var olduğu ortaya çıkmıştır. 0,917 korelasyon katsayılı bir ilişki tespit edilmiş olmakla beraber, kayacın tek eksenli basınç dayanımı arttığında doku katsayısı da artmaktadır.



Şekil 4.15. Doku katsayısı ile indirek çekme dayanımı arasındaki ilişki

Doku katsayısı ile indirek çekme dayanımı arasında tek eksenli basınç dayanımında olduğu kadar yüksek olmasa da 0,786 korelasyon katsayısına sahip bir ilişki bulunmuştur.



Şekil 4.16. Doku katsayısı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişki

Eğilme dayanımı ile TC arasındaki ilişkiyi irdelediğimizde 0,806 korelasyon katsayısına sahip bir ilişki gözlenmiştir. Şekil 4.16'da görüldüğü gibi eğilme dayanımı arttığı takdirde doku katsayısı da artmaktadır.

Çizelge 4.24. Doku katsayısı ile parametreler arasında elde edilen ilişki denklemleri

İlişki Denklemleri	Korelasyon Katsayısı (r)
$TC = 1,7206 BHA - 3,2238$	0,835
$TC = -0,0587 P + 1,6538$	0,911
$TC = 0,0002 V_p + 0,0143$	0,98
$TC = -0,1005 KSE + 1,3062$	0,998
$TC = 0,0007 \sigma_c + 0,2972$	0,917
$TC = 0,005 \sigma_t + 0,4096$	0,786
$TC = 0,0034 \sigma_b + 0,4049$	0,806

r: Korelasyon katsayısı

5. SONUÇLAR

Kayaçların dokusal özellikleri; kayaçlardan alınan ince kesitlerin incelenmesi sonucunda, dokuyu oluşturan tanelerin ve matriksin özelliklerinin bir bütün olarak düşünülmesi ile ortaya çıkan özellikleridir. Bu konuda yıllarca çeşitli araştırmalar yapılmış ve en önemli adım Howarth ve Rowlands (1987) tarafından ileri sürülen doku katsayısı (TC) ile atılmıştır. Kayaçların dokusal özelliklerinin sayısallaştırılmasıyla elde edilen doku katsayısı ile kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin arasındaki ilişkilerin incelenmesi mümkün kılınmıştır.

Yapılan bu çalışmada *kumtaşı*, *trakit*, *andezit* ve *traki andezit* numunelerinin mekanik ve fiziksel özellikleri ile dokusal özellikleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda doku katsayısının kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki rolü ve önemi ortaya konmaya çalışılmıştır.

Kayaç örneklerinden alınan ince kesitler üzerinde yapılan araştırmalar sonucu elde edilen doku katsayısı (TC) değeri ile laboratuarda yapılan deneylerle belirlenen kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Gerçekleştirilen analiz çalışmaları sonucunda kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri ile doku katsayıları arasında istatistiksel anlamda kabul edilebilir bir ilişkinin varolduğu ortaya konmuştur.

Kayaçların fiziksel özellikleri arasında yer alan birim hacim ağırlık, kütlece su emme, toplam porozite ve sismik hız parametreleri ile doku katsayısı arasında önemli bir korelasyon içinde olduğu gözlenmiş ve Bölüm 4.5.'de verilen şekillerle belirtilmiştir. Özellikle sismik hız, kütlece su emme ve porozite ile doku katsayısı arasında korelasyon katsayısının yüksek olduğu gözlenmiştir. Öte yandan kayaç dayanımı olumsuz yönde etkileyen porozite ve kütlece su emme oranı arttığında doku katsayısında bir düşüş gözlenmektedir.

Yapılan çalışmada kayaçların mekanik özellikleri ile doku katsayısı arasında da fiziksel özelliklerde olduğu gibi önemli bir ilişkinin olduğu anlaşılmıştır. Özellikle

kayaçların dayanımı hakkında önemli bilgi kaynağı olan tek eksenli basınç dayanımı ile doku katsayısı arasında iyi derecede doğrusal bir ilişki şekil 4.13.'de gözlenmiştir. Bu şekilden, kayacın tek eksenli basınç dayanımını arttığı takdirde doku katsayısında da bir yükselişin görüldüğü söylenebilir. Bunu tek eksenli basınç dayanımı ile doku katsayısı arasındaki korelasyon katsayısı değerinden de görebiliriz.

Öte yandan indirek çekme dayanımı ve eğilme dayanımı ile doku katsayısı arasında tek eksenli basınç dayanımında gözleendiği kadar yüksek olmasa da yine doğrusal bir ilişkinin olduğundan bahsetmek mümkündür.

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki kayaçların dokusal özelliklerinin sayısallaştırılarak hesaplanan doku katsayısı ile kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri arasında korelasyonun varlığı söz konusudur. Kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri ile doku katsayısı arasındaki ilişkiler bir bütün olarak incelendiğinde, doku katsayısı kayacın dayanımı hakkında önemli bir bilgi kaynağıdır. Yapılan çalışmada kayaç dayanımını etkileyen parametreler ile doku katsayısı arasında korelasyon gözlenmiştir. Sonuç olarak kaya sağlamlığını olumlu yönde etkileyen parametrelerin artışı doku katsayısını yükseltmekte, kaya sağlamlığını olumsuz yönde etkileyen parametrelerin artışı ise doku katsayısı değerinin düşüşüne sebep olmaktadır.

Ayrıca kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin tespiti için yapılan tüm detaylı çalışmalar için harcanan zamanın önüne geçebilmek adına doku katsayısının bulunması ile kayaçlar hakkında bize bir bilgi vermektedir. Arazi şartlarında, tünel, delme patlatmanın yapıldığı yerler, mermer ocakları gibi yerlerde çok kısa bir sürede doku katsayısını hesaplayarak farklı formasyonların olduğu yerlerde dahi kayaç veya kayaçlar hakkında bize bir ön bilgi sunabilir.

Bununla birlikte kayaçların ince kesitleri üzerinde yapılan çalışmalarla bilgisayar ortamında hesaplanan boşluk oranları ile TS 699'a göre laboratuarda yapılan deneyler sonucu elde edilen toplam porozite değerleri karşılaştırılmıştır. Bilgisayar ortamında her kayaç için 18 adet ince kesit üzerinde yapılan çalışmalar sonucu

boşluk oranı değerleri hesaplanmış ve aritmetik ortalaması alınmıştır. Buna rağmen Çizelge 4.23.'de verilen verilerde bilgisayarda hesaplanan boşluk oranları ile laboratuvar ortamında hesaplanan toplam porozite değerlerinin örtüşmediği gözlenmektedir. Bilgisayarda görüntü işleme programının renklere göre ayırım yaparak boşluk oranı hesapladığı göz önünde bulundurulursa hata payının buradan kaynaklandığından bahsedilebilir. Bu sebepten dolayı ince kesitlerin resimlerinin çekilmesi için kullanılan deney düzeneklerinin teknolojiye ayak uydurması ve hata payını en aza indirmesi gerekmektedir. İnce kesit resimlerinin çekilirken renklere hata olmaması ve numuneyi birebir temsil etmesi halinde teorik olarak hesaplanan boşluk oranı değerinin laboratuvar ortamında hesaplanan porozite değerine yaklaşacağı düşünülmektedir.

Rakamların örtüşmemesinin bir diğer nedeni ise ince kesitler hazırlanırken çeşitli etkenlerden dolayı ince kesitler üzerindeki taneler düşebilmekte ve hesap yapılırken bunlar boşluk olarak hesaplanabilmektedir. Dolayısıyla boşluk oranı değerlerinde yanlışlıklar yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

Altındağ, R., Güney, A., 2006, 'ISRM Suggested Method for Determining Shore Hardness Value for rock', International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol.43, P. 996-997.

Andriani, G.F., Walsh, N., 2002. 'Physical Properties and Textural Parameters of Calcarenitic Rocks: Qualitative and Quantitative Evaluations', Eng. Geology, Vol. 67, P. 5-15.

Azzoni, A., Bailo, F., Rodena, E., Zaninetti, A., 1996. 'Assessment of Texture Coefficient for Different Rock Types and Correlation with Uniaxial Compressive Strength and Rock Weathering', Rock Mechanics and Rock Engineering, Cilt 29, Sayı 1, S. 39-46.

Ersoy, A., Waller, M. D., 1995. 'Textural Characterisation of Rocks', Eng. Geology, Vol. 39, P. 123-136

Horwarth, D.F., Rowlands, J.C., 1986. 'Development of Index to Quantify Rock Texture for Qualitative Assessment of Intact Rock Properties', Geotechnical Testing, Vol. 9, P. 169-179.

Horwarth, D.F., Rowlands, J.C., 1987. 'Quantitative Assessment of Rock Texture and Correlation with Drillability and Strength Properties', Rock Mech. and Rock Eng., Vol. 20, P. 57-85.

ISRM, (1979). 'Suggested Method for Determining The Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials. Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol. 16, P. 135-140.

ISRM, (1981). 'Rock Characterization, Testing and Monitoring –ISRM Suggested Methods, Pergamon Press', Oxford, Brown, E.T. (ed), 211 p.

ISRM, (1985). 'Suggested Method for Determining Point Load Strength.', Int. J. Rock Mech. Min. Sci. And Geomech., Vol. 22 (2), P. 51-60.

Lienhart, D.A., 1988. 'The Geographic Distribution of Intensity and Freeze – Thaw Cycles' Bulletin of the Association of Eng. Geologists, 25 (4), 465-469

Öztürk, C.A., Nasuf, E., 2002. 'Farklı Yükleme Koşullarında Kayaçların Dokusal Özelliklerinin İncelenmesi', 6. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Konya, s.147-151.

Tirkayi, B., Dikmen, A.Ç., Kadioğlu, Y.K., Özbilgin, D., Tiryaki, N., Bölükbaşı, N., 2003. 'Kayaç Kesmede Keski Performansının Tahmini İçin Doku Katsayısı Yaklaşımının Kullanılabilirliği', Madencilik Dergisi TMMOB Maden Müh. Odası Dergisi, Sayı 42, S. 27-43.

TS 699, (1987). 'Tabii Yapı Taşları Muayene ve Deney Metotları', Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

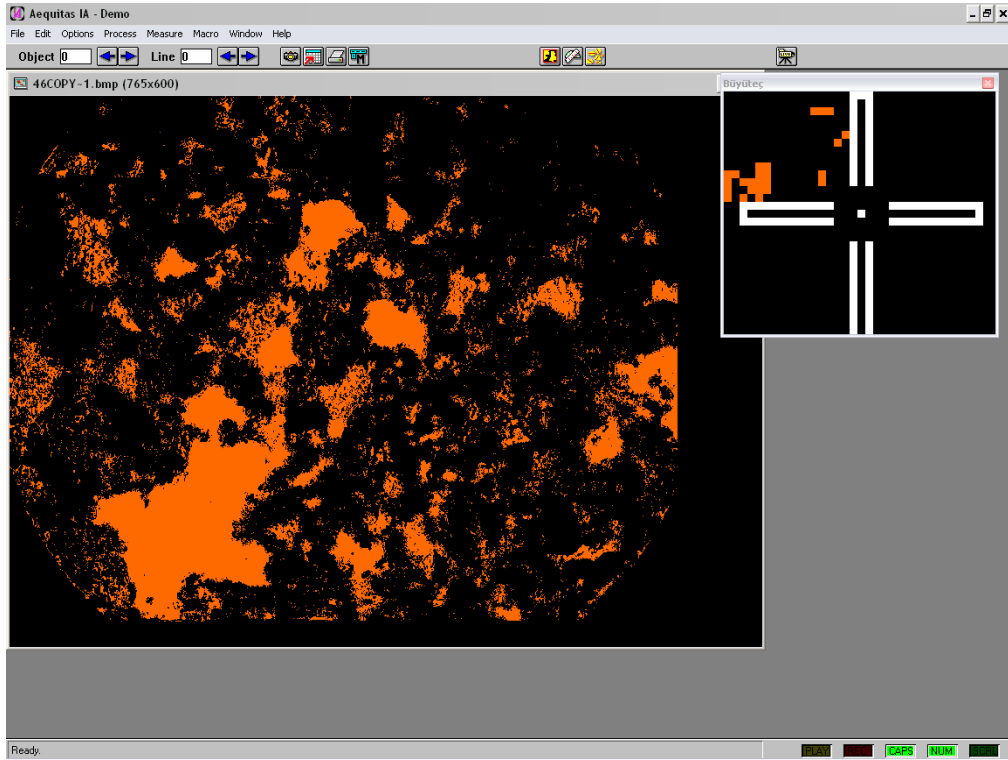
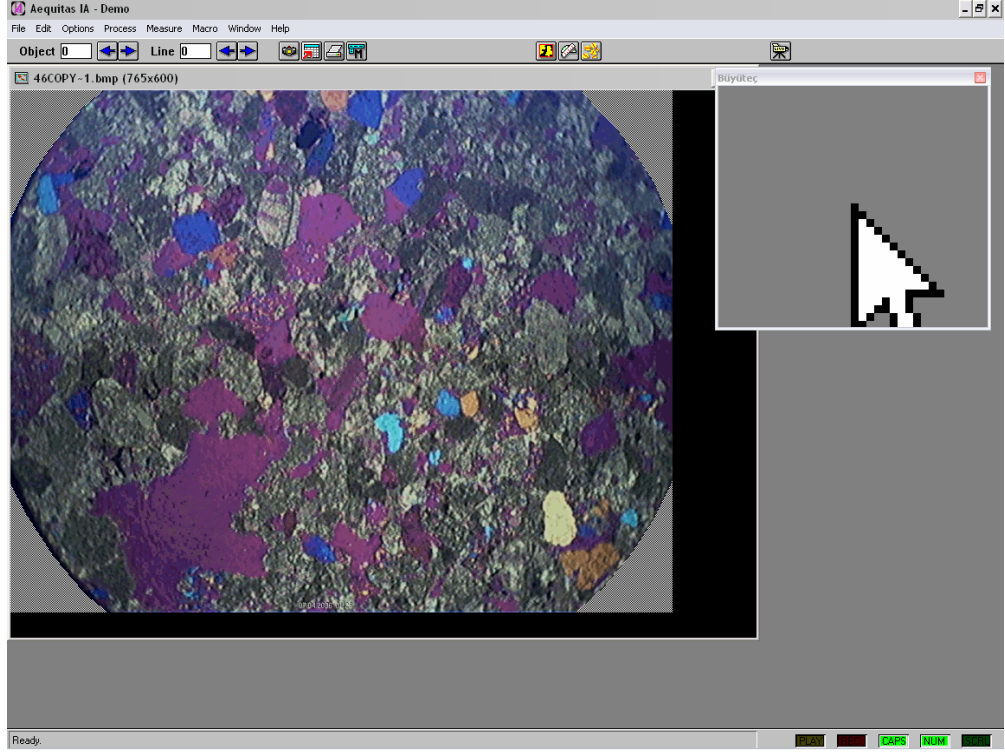
TS 7654, (1989). 'Kayaçların Çekme Mukavemetinin Dolaylı (İndirekt) Metotla Tayini', Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Tuğrul, A., Zarif, IH., 1999. 'Correlation of Mineralogical and Textural Characteristics with Engineering Properties of Selected Granitic Rocks from Turkey', Eng. Geology, Vol. 51, P. 303-317.

Ulusay, R., Türelı, K., Ider, M.H., 1994. 'Prediction of Engineering Properties of a Selected Litharenite Sandstone from Its Petrographic Characteristics Using Correlation and Multivariate Statistical Techniques', Eng. Geology, Vol. 37, P. 135-157.

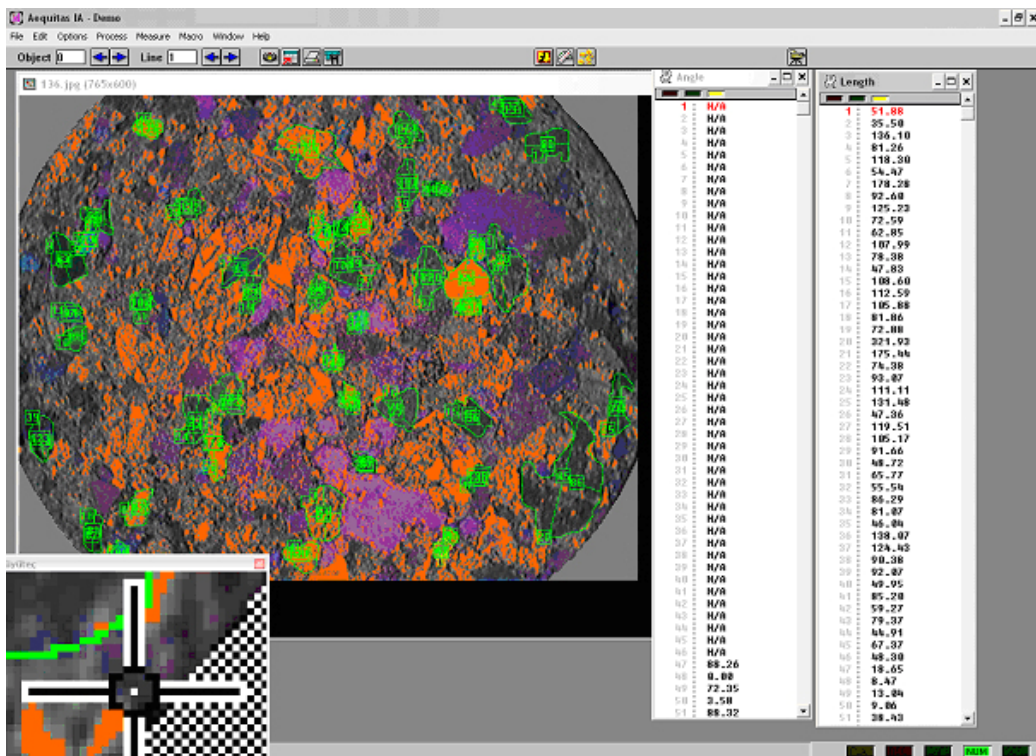
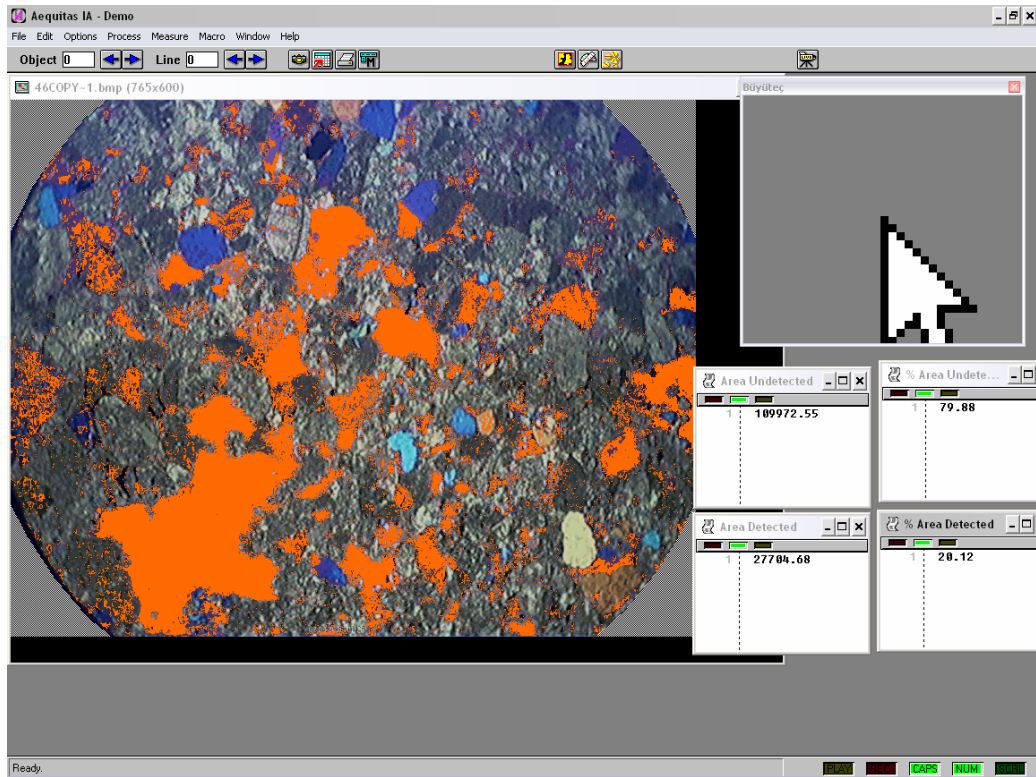
Ulusay, R., Gökçeoğlu. C., Binal, A., 2001. 'Kaya Mekanığı Laboratuar Deneyleri', TMMOB Jeoloji Müh. Odası Ankara.

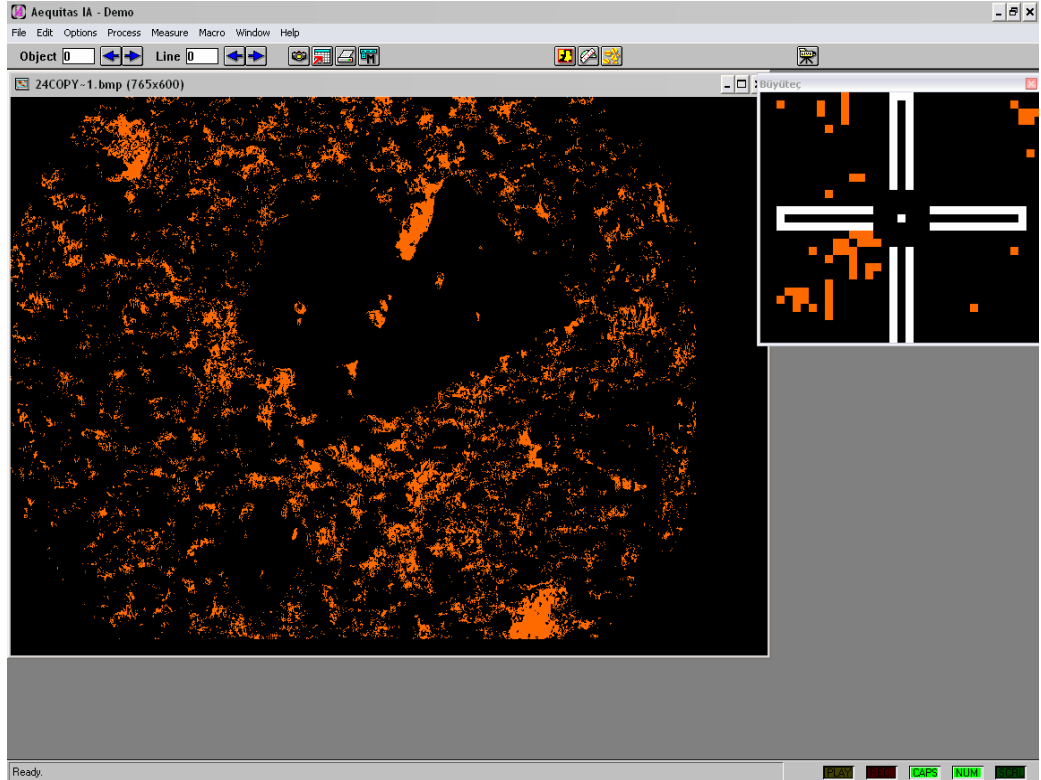
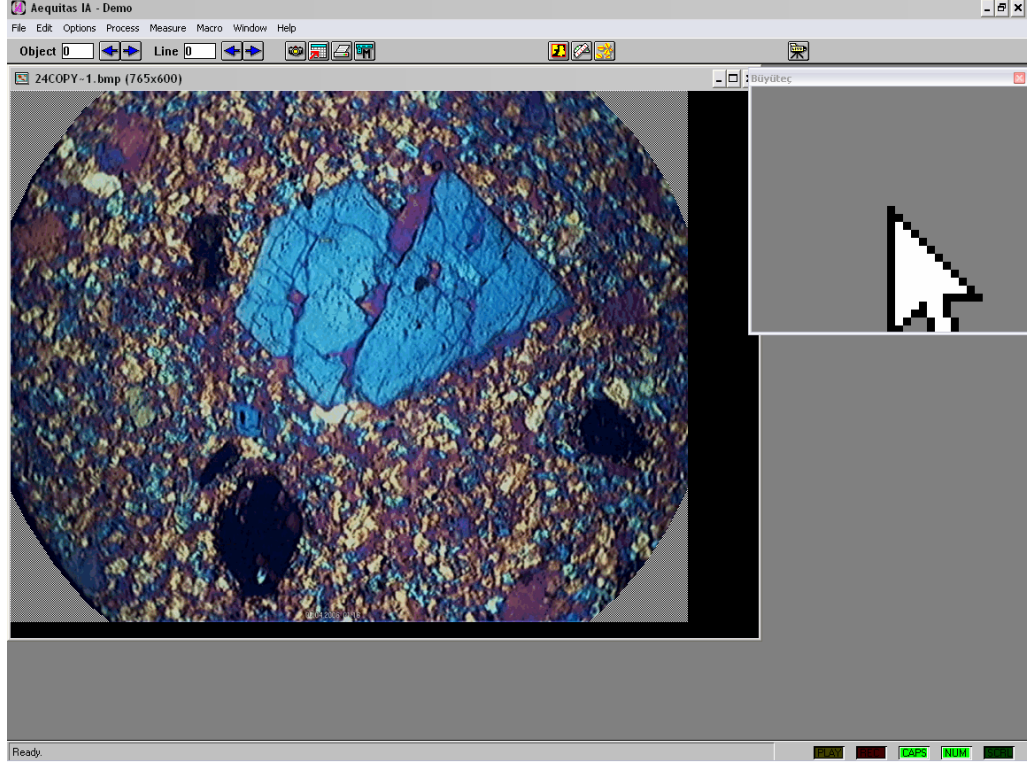
EKLER

EK-1**Kumtaşının Boşluk Oranı ve Doku Katsayısının Hesaplanması**

EK-2

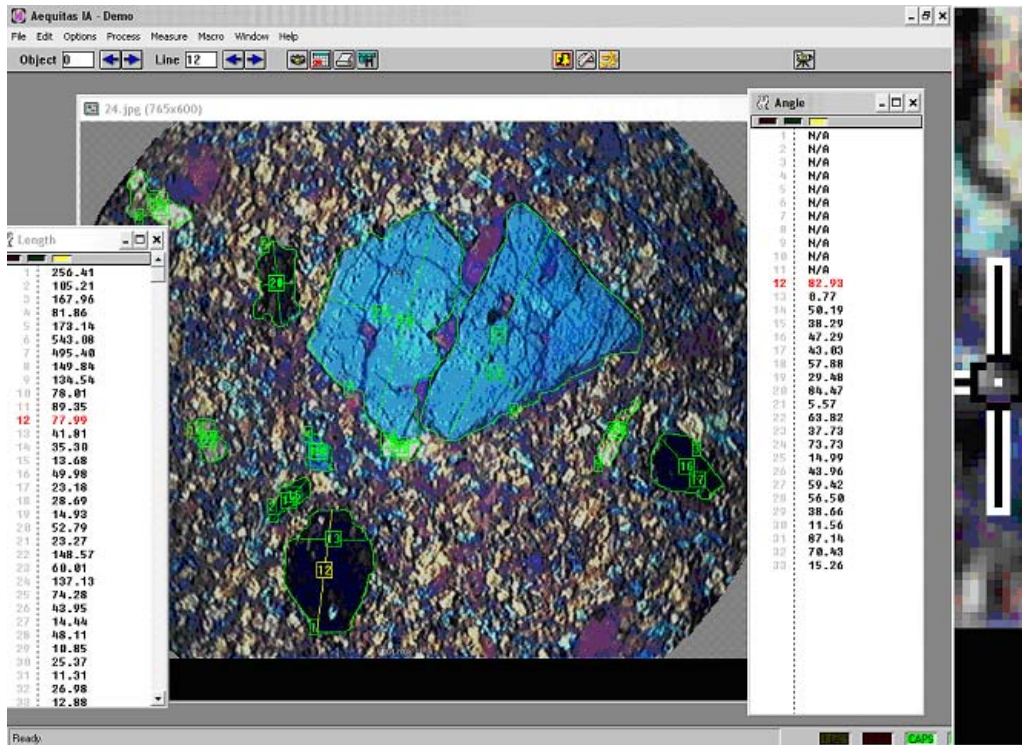
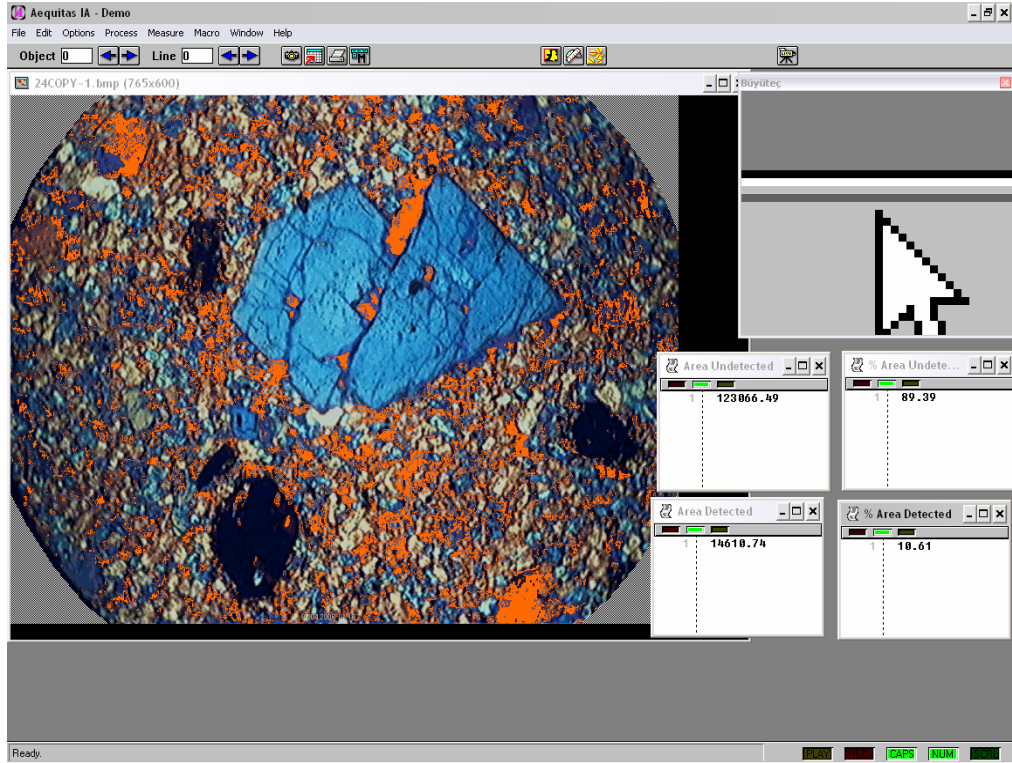
Kumtaşının Boşluk Oranı ve Doku Katsayısının Hesaplanması

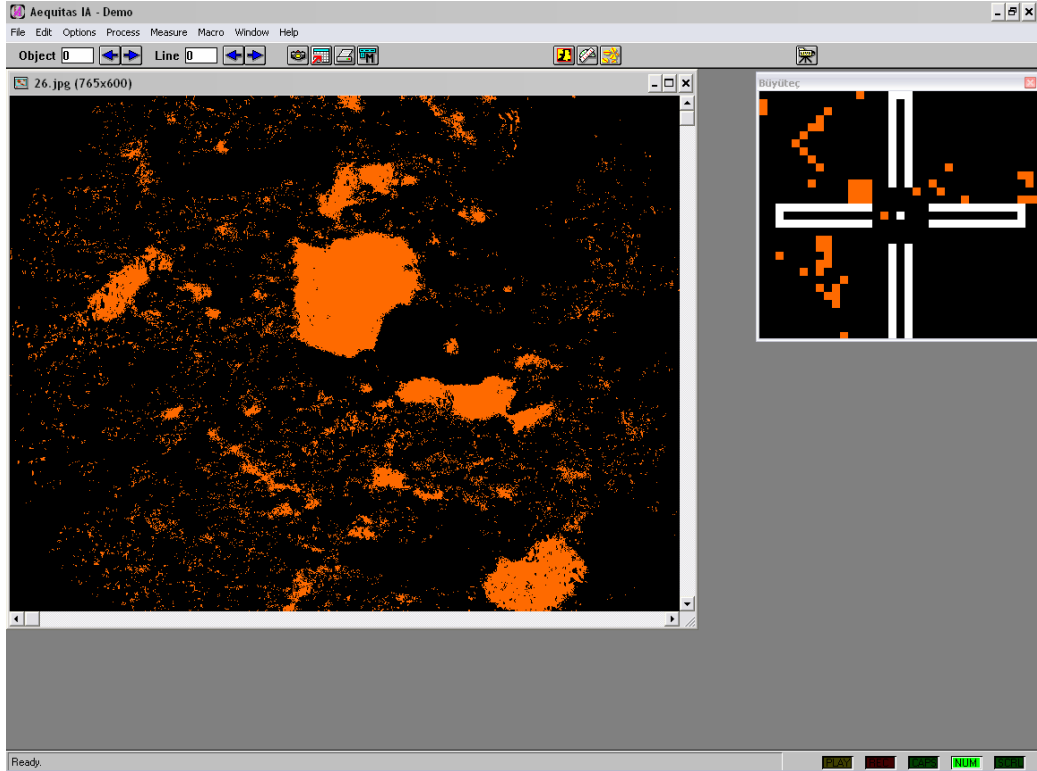
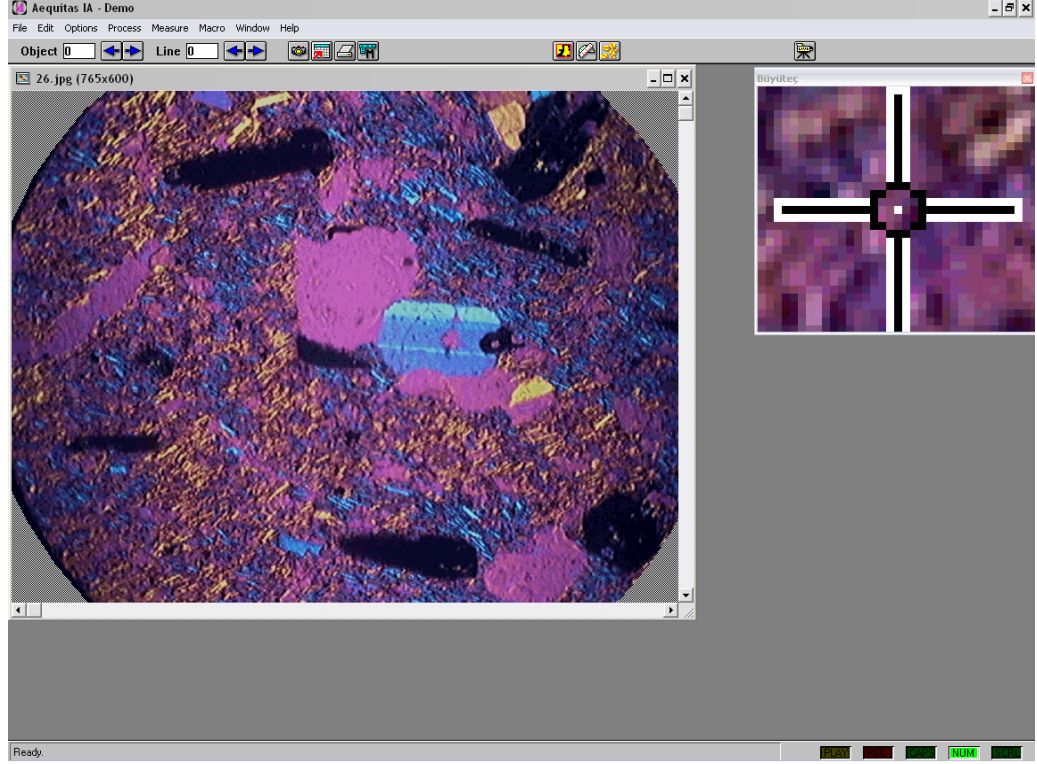


EK-3**Trakitin Boşluk Oranı ve Doku Katsayısının Hesaplanması**

EK-4

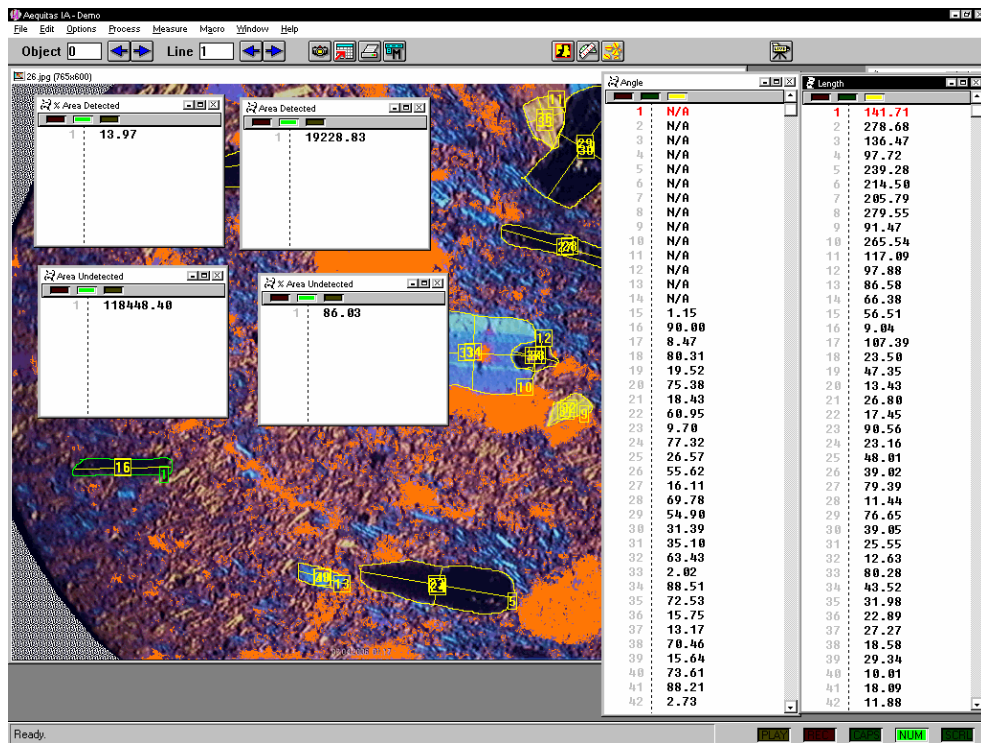
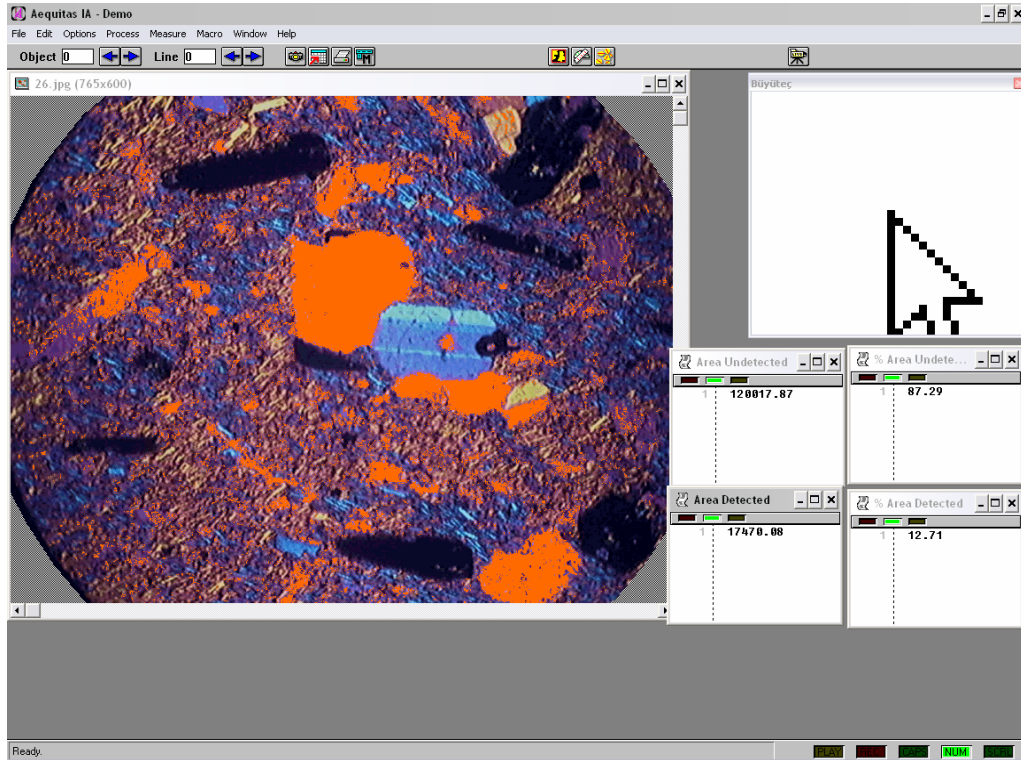
Trakitin Boşluk Oranı ve Doku Katsayısının Hesaplanması

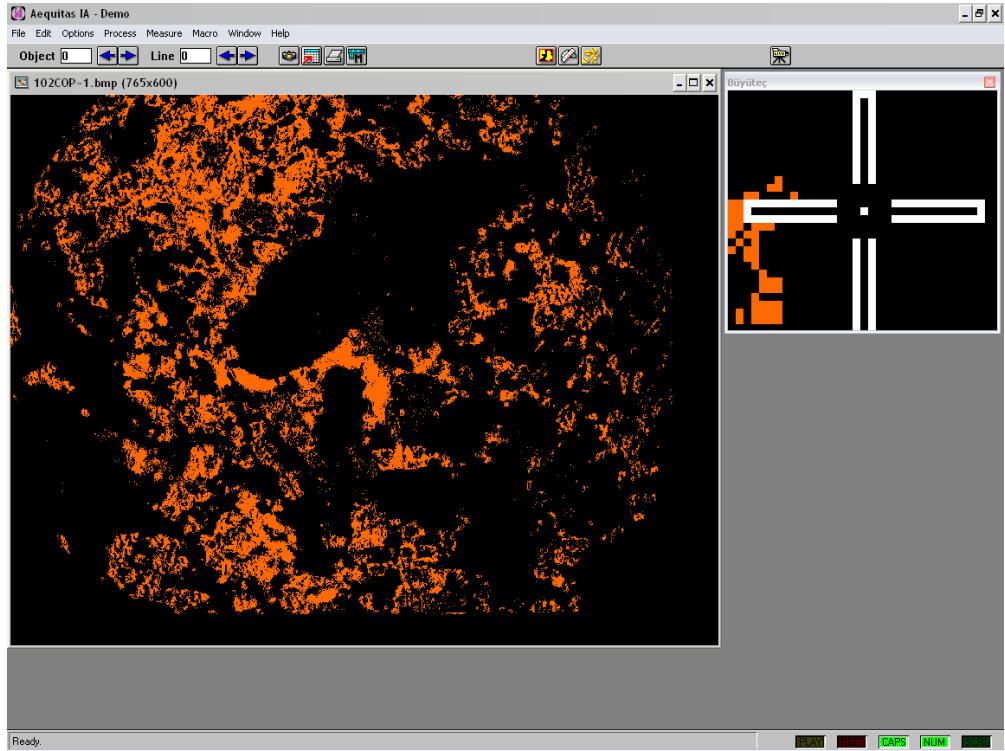
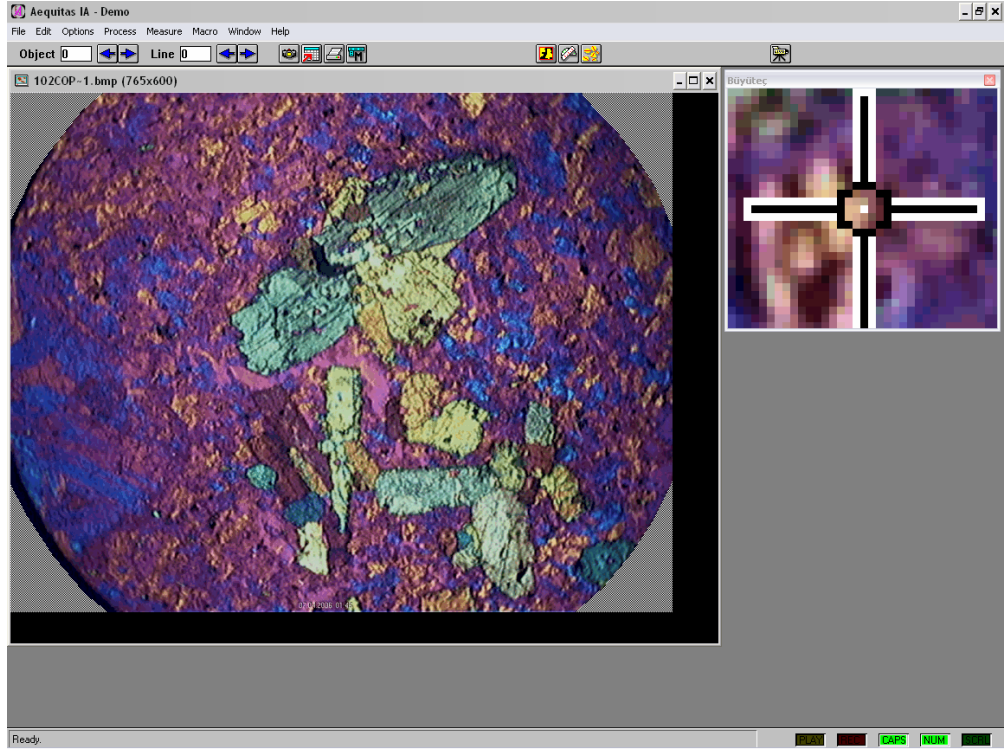


EK-5**Andezitin Boşluk Oranı ve Doku Katsayısı Değerinin Hesaplanması**

EK-6

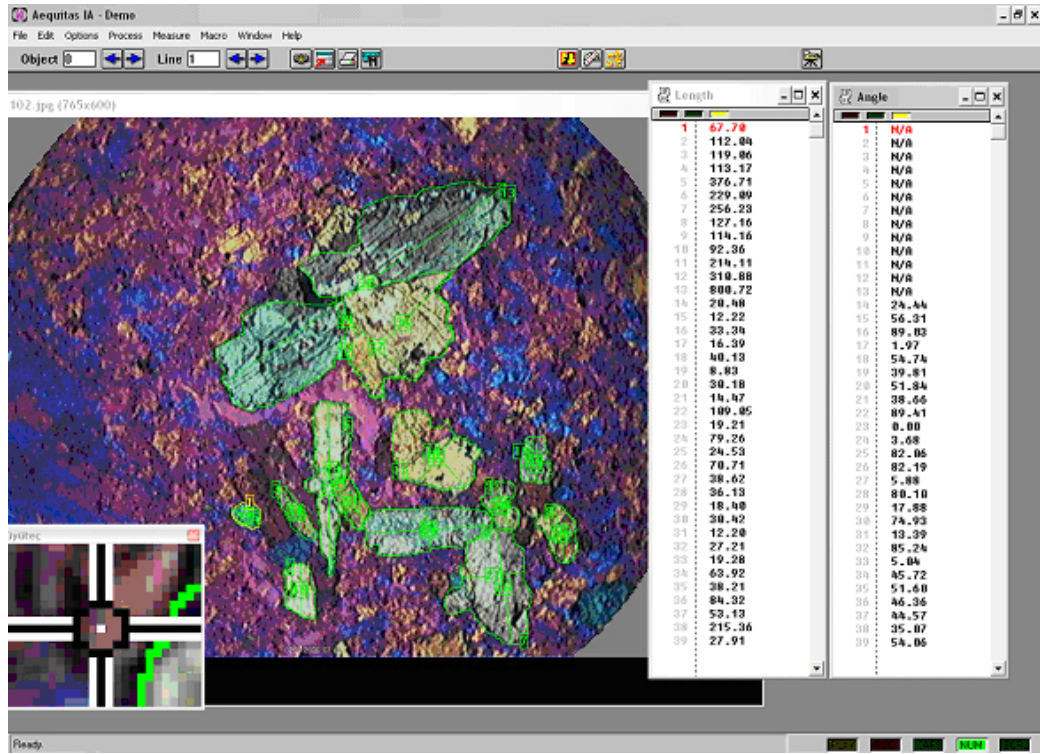
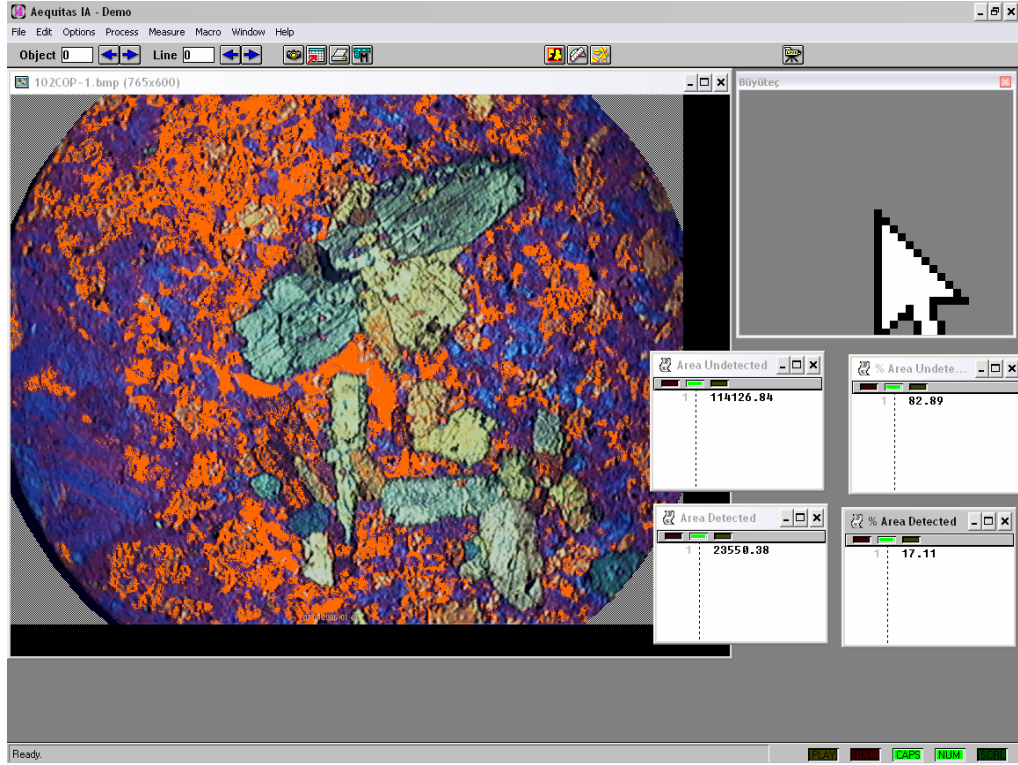
Andezitin Boşluk Oranı ve Doku Katsayısının Hesaplanması



EK-7**Traki Andezitinin Boşluk Oranı ve Doku Katsayısının Hesaplanması**

EK-8

Traki Andezitinin Boşluk Oranı ve Doku Katsayısının Hesaplanması



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serkan GÜNAYDIN

Doğum Yeri : Isparta

Doğum Yılı : 21.05.1978

Medeni Hali : Bekar

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise : 1989-1996 Isparta Anadolu Lisesi,

Lisans : 1996-2002 Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği

Yabancı Dili : İngilizce

İş Deneyimi

1995-? : Gülses Gazetesi Isparta